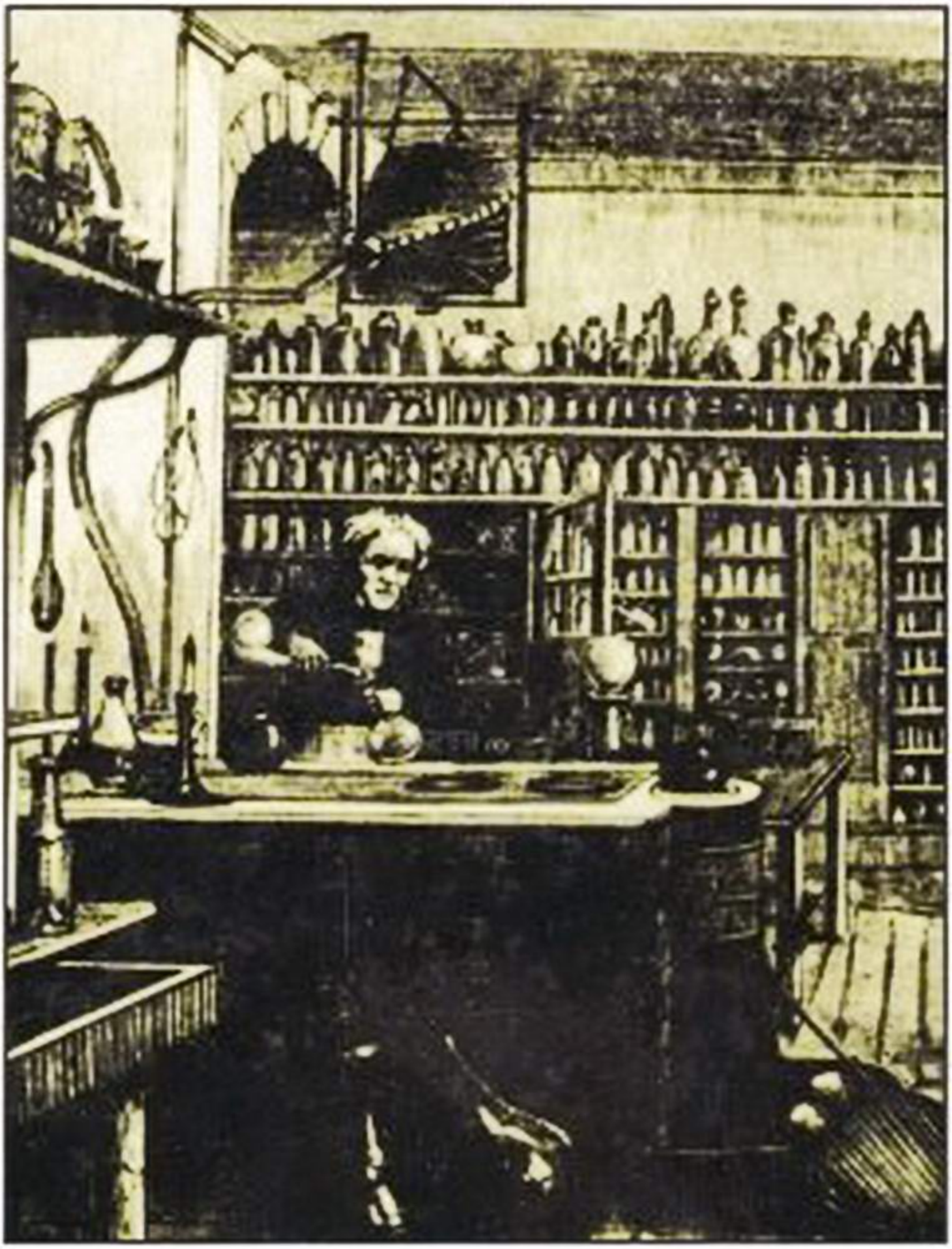
ISTORIA ȘTIINȚEI



VOL. 3

secolul al XIX-lea

Ray Spangenburg şi Diane K. Moser

SERIA

CULTURĂ GENERALĂ

22

În 1676, Isaac Newton i-a scris lui Robert Hooke: *Dacă am văzut mai departe, este pentru că am stat pe umerii giganților.* Într-adevăr, ***Istoria Științei*** reprezintă o cronică a descoperirilor geniale întemeiate pe ideile predecesorilor. Cercetătorii din zilele noastre au dat din nou glas cuvintelor lui Newton, punînd accentul pe datoria avută de fiecare generație față de înaintași.

În cadrul unei lucrări alcătuită din cinci volume, sînt prezentați în ordine cronologică acești „giganți" și realizările lor, modul în care au evoluat conceptele despre lumea fizică, de la filozofia antică la știința supertehnicizată de astăzi .

ISTORIA ȘTIINȚEI – secolul al XIX-lea, a treia din serie, este destinată uluitoarelor înnoiri din domeniile electricității, magnetismului, geneticii, astronomiei, geologiei și medicinei care ne-au revoluționat modul de trai și percepere a lumii, făcînd tranziția de la epoca științei clasice la cea modernă, cu un ritm extrem de accelerat de dezvoltare tehnică și tehnologică.

O carte cu un bogat conținut informațional, scrisă într-un limbaj accesibil și îmbogățită cu imagini interesante, o lectură cu adevărat instructivă.

Sub tipar:

Vol. 4 – Istoria Științei de la 1895 pînă la 1945
Vol. 5 – Istoria Științei de la 1946 pînă în anii '90

EDITURA LIDER

Lei 79000

PROLOG

Uneori este denumită Epoca de Aur a Ştiinţei, o eră în care ştiinţa părea să se afle în fruntea întregii activităţi umane, iar oamenii de ştiinţă realizau progrese măreţe şi incitante atît pe plan teoretic, cît şi pe plan aplicativ. Secolul al XIX-lea a fost o perioadă de descoperiri importante şi de salturi către o mai deplină înţelegere a naturii şi în ştiinţele fizice, dar şi în ştiinţele vieţii. O vreme cînd ştiinţa şi-a intrat în drepturi şi a reţinut atenţia societăţii, dînd imbold tehnologiei, noi perspective sociologiei şi o stimulare catalizatoare artelor. Dar ce înţelegeau oamenii de ştiinţă din secolul al XIX-lea atunci cînd foloseau termenul *ştiinţă?*

În secolele al XVII-lea şi al XVIII-lea, mulţi oameni de ştiinţă au devenit de neînduplecat cu privire la o metodă de rezolvare a problemelor care a ajuns să fie cunoscută sub denumirea de metodă ştiinţifică. Mulţi susţineau că era singura modalitate adecvată pentru a ajunge la soluţii corecte:

1. Observă
2. Dezvoltă o ipoteză din care să se poată face predicţii, care, la rîndul lor, să poată fi testate
3. Dezvoltă şi efectuează experienţe care pot oferi dovezi irefutabile.

(Pentru mai multe detalii privind metoda științifică a se vedea Anexa 1 din finalul acestei cărți.)

Dar pe la începutul secolului al XIX-lea, oamenii de știință au început să descopere că existau mai multe abordări benefice ale unei probleme. Unele probleme reacționau mai favorabil la un anumit tip de „atac", altele se comportau mai bine la alte tipuri.

În Anglia, îndeosebi, teoreticienii au început să prefere folosirea unui model de reprezentare a felului în care cineva se poate gîndi la o structură sau la o relație. Modelul nu era menit să reprezinte literalmente realitatea. Nu servea decît la vizualizarea interacțiunilor dintre molecule în cadrul unei reacții chimice sau la etapele unui proces fiziologic.

Uneori și intuiția dădea roade. Mulți oameni de știință au pornit într-o anumită direcție bazîndu-se pe intuiție. Sau adoptau o anumită direcție de raționament pentru că „așa părea potrivit".

Spre sfîrșitul secolului, chiar și dovezile matematice căpătau uneori preponderență, în absența altor metode experimentale mai tangibile de abordare a unei probleme.

Dar lucrul cel mai important care nu trebuie uitat, indiferent de abordare, este acela că știința se auto-corectează. Asta deosebește știința de alte modalități prin care omul caută adevărul. Este ca și cum ai lucra pe un uriaș joc de puzzle. Dacă la începutul jocului ai pus o piesă într-un loc nepotrivit, pe măsură ce imaginea începe să se definească, în cele din urmă îți dai seama unde ai greșit. Poți vedea că ai pus o porțiune de tufiș în mijlocul cerului sau ai atașat o coadă de cal unui mormoloc de broască. Și poți schimba poziția pieselor greșit așezate.

Dar piesa greșit așezată poate fi totodată productivă. Alte piese care se potrivesc cu ea se pot grupa în jurul său și

întregul ansamblu poate fi mutat într-un loc corespunzător de pe imagine. Iar acesta este unul dintre aspectele fascinante ale dinamicii științei aflate în curs de creștere – unul pe care a trebuit să-l lăsăm deoparte, din păcate, din lipsă de spațiu. Atunci cînd citești o istorie a științei, lesne poți căpăta impresia că totul se mișcă fără preget înainte, o descoperire conducînd la alta, fără probleme. În realitate, știința se dezvoltă în salturi, acumulîndu-se cantități mari de informații care par contradictorii sau lasă impresia că nu duc nicăieri. Se propun multe teorii cu aparență perfect rezonabilă, care apoi sînt neglijate în favoarea altora – uneori pe drept, alteori pe nedrept. Uneori, teoriile respinse sînt repuse în valoare ulterior. Sau se constată dintr-o dată că cine știe ce fragment al unei teorii „eronate" se potrivește cu o parte a unei alte teorii. Toate acestea se contopesc în creuzetul cunoașterii și fac parte din dinamica unei înțelegeri tot mai cuprinzătoare a universului și a felului cum funcționează acesta.

Deși avem răgaz aici doar cît să urmăm firul principal, pentru cei care doresc să știe mai mult despre aceste aventuri ale descoperirii și analizei, despre vieți bogate, rodnice și ce anume au produs ele, dorim să le recomandăm să deschidă unele dintre cărțile notate la sfîrșitul acestei lucrări. Și vă dorim multe ore de cercetare pasionantă!

Istoria științei în secolul al XIX-lea este al treilea volum din seria de cinci cărți intitulată *Pe umerii giganților* ce analizează felul în care oamenii au dezvoltat metodele științei ca un sistem pentru deslușirea modului în care funcționează lumea. Fiecare carte din această serie descrie teoriile pe care acești oameni le-au susținut, uneori corecte, alteori eronate, precum și modul în care am învățat să testăm, să acceptăm

și să construim pe baza acelor teorii – ori să le corectăm, să le extindem sau să le simplificăm.

Fiecare carte explorează de asemenea felul în care savanții au învățat din greșelile altora, uneori fiind nevoiți să renunțe la teorii care păruseră cîndva logice, dar s-au dovedit ulterior incorecte, înșelătoare sau lipsite de utilitate. În toate aceste privințe, ei au construit pe umerii altor oameni de știință – giganții care i-au precedat.

INTRODUCERE

MAREA EPOCĂ A SINTEZEI: SECOLUL AL XIX-LEA

Căutăm o zi senină ale cărei zori le deținem deja.
Humphrey Davy, într-o conferință ținută la Londra

Deși este posibil ca omul să nu atingă niciodată acest țel, progresul științei s-ar putea îndrepta, și cred că așa va fi, pas cu pas către el, pe multe căi diferite care converg într-acolo din toate direcțiile.
William Thomson (Lord Kelvin), fizician

Înarmați cu succesele continue ale științei și aplicațiile acesteia, savanții au întîmpinat secolul al XIX-lea cu mare optimism. Anul 1800 marchează zorii unei epoci în care cunoașterea științifică și progresele tehnologice aflate în plin avînt au creat practic acel spirit pozitiv caracteristic epocii victoriene care s-a întins pe ultimele două treimi de veac. Spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, lămpile de gaz luminau

străzile Londrei, telegraful a transformat jurnalismul și lumea afacerilor, activitatea în fabrici era în toi, iar pe străzile orașelor comerțul înflorea.

Totuși, din punct de vedere politic și economic, spiritul vremii nu era la fel de unanim pozitiv. Secolul al XIX-lea a fost caracterizat de perioade alternative de pace și revoluții, de naționalism în Europa, în Imperiul Otoman și în cele două Americi, de lupte interne pentru liberalizarea guvernelor din Europa, de industrializare însoțită de probleme tot mai mari, de extinderea imperialismului asupra unei părți dintre țările Europei.

Primii ani ai secolului au fost tulburați de expansionism și de războaiele împăratului Franței, Napoleon Bonaparte. În 1815, după înfrîngerea lui Napoleon, guvernele din Europa s-au întrunit la Congresul de la Viena pentru a restabili pacea și echilibrul de forțe în Europa. Dar revoluțiile au izbucnit între anii 1820 și 1830. Anul 1848 a adus o revoluție larg răspîndită – parțial ca urmare a crizei economice din anii 1846–1848, provocată de marea foamete din Irlanda, de recolta scăzută de cereale în urma secetei din toată Europa și de situația economică grea care a urmat. Lipsa de alimente, prețurile mari și șomajul au pregătit terenul pentru revoltă.

În plus, mulți lideri politici au anulat drepturile civile simbolizate de Revoluția Franceză. Supărați și înfometați, oamenii nu au mai acceptat să fie lipsiți de putere, iar ideile socialiste au fost larg îmbrățișate de muncitorii din Franța. Manifestul Comunist scris de Karl Marx și Friedrich Engels, publicat pentru prima oară la începutul lui 1848 și tradus în franceză, a agitat și mai mult spiritele. În timpul revoltei sîngeroase a muncitorilor francezi din luna iunie a aceluiași an, cel puțin 1500 de oameni au fost uciși, circa 8500 au fost

răniți și alte mii au fost aruncați în închisori. Dar dreptul la vot a fost cîștigat pentru toți cetățenii de sex bărbătesc – nemaifiind un privilegiu al proprietarilor de pămînturi –, ceea ce a constituit o piatră de hotar în lupta pentru egalitate în drepturi (chiar dacă avea să mai treacă ceva timp pînă cînd și femeile vor primi acest drept). Alte revolte au izbucnit în Austria, Ungaria și Italia.

În același timp, sub influența industrializării și, pe cale de consecință, a nevoii crescînde de materii prime ieftine, imperialismul mondial a devenit mai puternic. Spre sfîrșitul secolului, europenii cuceriseră aproape toate țările din Africa, iar Marea Britanie și-a statornicit suveranitatea în India și într-un șir impresionant de țări situate la mari depărtări. Iar Extremul Orient, incluzînd China și Japonia, a fost deschis comerțului (nu întotdeauna fără vărsare de sînge).

Atunci, ca și acum, știința a slujit uneori guvernele în vremuri de război, dar în general evoluția științei s-a menținut departe de politica internațională, rămînînd totuși în centrul dezvoltării economice și al industrializării societății. În secolul al XIX-lea s-a născut un nou gen de alianță, alianța internațională intelectuală a celor aflați în căutarea adevărului, care nu a ținut seama de granițele naționale și a depășit preocupările provinciale ale națiunilor împotriva altor națiuni.

A fost totodată o perioadă în care profesionalismul a început să se manifeste în știință – cînd tot mai mulți bărbați și femei au ajuns să-și cîștige existența în urma activității lor științifice – și cînd roadele științei (precum și ale șansei) au jucat un rol tot mai important în conștiința publică. Geologii au transformat mineritul. Fizicienii au adus idei noi cu privire la modalitățile de utilizare a energiei. Iar progresele din științele biologice au înlesnit mersul înainte al medicinei și al științelor legate de problemele sănătății.

Revoluția Industrială, efectul cel mai răspîndit al descoperirilor științifice, a transformat complet stilul de viață și de muncă al oamenilor în secolul al XIX-lea. Începută în secolul al XVIII-lea, mai ales în Anglia, cu invențiile care au mecanizat producția de materiale textile, Revoluția Industrială a ajuns la apogeu în secolul al XIX-lea, cînd motorul cu abur al lui James Watt (pus la punct în 1781) și-a găsit tot mai multe aplicații în industrie și transporturi. În 1804, Richard Trevithick din Anglia a construit o locomotivă care trăgea cinci vagoane încărcate pe o linie lungă de cincisprezece kilometri, iar în 1814, marele pionier al căilor ferate, George Stephenson, și-a prezentat prima locomotivă cu abur. Curînd, căile ferate au împînzit Anglia, Europa și America de Nord, pe măsură ce producția industrială creștea datorită folosirii energiei aburilor, ceea ce sporea necesitatea unui transport eficient. Centrele urbane au căpătat o tot mai mare importanță în ceea ce altădată fusese un paradis bucolic rural. În general, de-a lungul întregului secol, știința s-a aflat la originea progreselor înregistrate, fiind un catalizator pentru schimbările industriale și intelectuale.

Pe de altă parte, industrializarea a devenit totodată și un instrument al rapacității și a primit blamul pentru viața grea îndurată de muncitori, ai căror patroni le cereau să lucreze ore lungi în condiții periculoase și pentru salarii mici. Nu tot ce a fost legat de Revoluția Industrială a fost glorios, iar cei care și-au pierdut locurile de muncă din cauza invențiilor și au îndurat condiții inumane au ajuns rapid să respingă dezvoltarea tehnologiei și a științei.

Dar, în general, industrializarea a sporit calitatea și disponibilitatea produselor pentru un număr foarte mare de oameni. Îmbunătățirile din transporturi au mărit mobilitatea, au legat

comunitățile izolate și au dus la creșterea fluxului de mărfuri între ferme și fabrici, pe de o parte, și piață, pe de altă parte. Îndeosebi în Anglia, condițiile economice ameliorate au creat noi oportunități și o mai bună calitate a vieții, în special pentru clasa mijlocie.

Drept urmare, știința a căpătat o importanță sporită în conștiința publicului și, începînd cu mijlocul deceniului al patrulea, conferințele publice despre știință au devenit foarte populare. La sfîrșitul lui noiembrie 1859, o carte scrisă de biologul Charles Darwin, *Despre originea speciilor*, s-a vîndut integral din ziua lansării. Peste tot au luat ființă asociații și societăți pentru cei interesați sau angajați în activitățile științifice. În 1831 s-a înființat Asociația Britanică pentru Progresul Științei, iar William Whewell a inventat în 1840 termenul *savant*, care îi desemna pe membrii acestei organizații, înlocuindu-l pe cel de *filozof natural*. Asociația Americană pentru Progresul Științei a luat ființă în 1848, iar revistele dedicate științei, chiar dacă majoritatea abordau științele aplicate, au dobîndit o mare popularitate în Statele Unite.

A fost o epocă în care știința și oamenii de știință au ajuns la maturitate. Abordările și procedurile experimentale au devenit mult mai complicate (o tendință care s-a păstrat și în secolul XX), pînă la punctul în care, spre sfîrșitul secolului, vremea savanților amatori a luat sfîrșit. Pentru prima oară, din necesitate, oamenii de știință erau mai ales profesioniști angajați cu „normă întreagă", de obicei specialiști, și nu amatori cu „jumătate de normă" sau generaliști. Aceștia au început să aibă nevoie de sprijin financiar din afară, chiar și numai pentru a obține echipamentele necesare efectuării experiențelor. Și mai aveau nevoie și de o pregătire

instituționalizată, spre a fi tot timpul la zi cu evoluțiile din propriile domenii de activitate, care deveneau tot mai specializate în discipline specifice precum chimia, fizica, astronomia, biologia și subdiviziuni ale acestora cum ar fi chimia organică și genetica.

Totodată, mai ales în științele fizice, savanții au început să se separe în teoreticieni și experimentatori. Aceasta nu era întru totul o tendință nouă. Johannes Kepler, marele astronom-teoretician al secolului al XVII-lea, s-a înălțat pe umerii lui Tycho Brahe, marele astronom-observator care adunase munți de informații de unde Kepler și-a tras concluziile. Isaac Newton, marele sintetizator, s-a înălțat și el pe umerii lui Galilei, experimentatorul. Dar începînd cu secolul al XIX-lea, relația reciprocă dintre experiență și teorie a devenit și mai pronunțată. Iar rolurile de experimentator și teoretician nu mai puteau fi jucate de aceeași persoană – erau pur și simplu prea multe de făcut. În plus, abordările au devenit extrem de diferite – chiar prea diferite, ca regulă, pentru a rezida confortabil în aceeași personalitate. Cîți oameni ar putea poseda atenția exigentă față de detalii și perseverența tenace necesare unui experimentator și, în același timp, capacitatea teoreticianului de a gîndi la scară mare și abstract, juxtapunînd concepte aparent nelegate între ele și de a interpreta și a sintetiza rezultatele?

A fost totodată o perioadă de complexitate crescîndă în substanța științei – nu doar în discipline specifice precum chimia, fizica, astronomia, biologia, psihologia, chimia organică. Domeniile chimiei și geologiei au ajuns la o nouă maturitate după uluitoarele progrese ale secolului anterior. Granițele dintre științe s-au estompat din ce în ce mai accentuat, iar ceea ce s-a considerat o adevărată „Renaștere"

în știință, prin abordările multidisciplinare ale unor cercetători din secolul al XVIII-lea, precum Joseph Priestley, René Descartes și Benjamin Franklin, a cedat locul specializării. În deceniul al patrulea, John Herschel putea încă să aleagă să fie un generalist, aducîndu-și contribuții nu numai în astronomie, dar și în chimie și matematică. Dar el era deja excepția care confirma o regulă. Știința a devenit prea complexă pentru ca un singur individ să realizeze lucruri importante fără să pătrundă adînc într-un singur domeniu sau disciplină.

Și totuși secolul al XIX-lea a reprezentat și o perioadă a marilor sinteze în știință. Încă de pe vremea grecilor din antichitate, oamenii de știință au căutat cîteva principii simple care să explice detaliile complexe, aparent necorelate, ale universului fizic și ale organismelor vii care îl locuiesc. În secolul al XIX-lea, ideea de convergență a ajuns predominantă. Au început să apară indicii convingătoare că totul ar putea fi explicat doar prin intermediul cîtorva teorii explicative – dacă nu cumva nu era de ajuns o singură teorie.

Fizicienii, în special, începuseră să întrevadă mai ales posibilitatea ca în scurtă vreme toate teoriile să conveargă într-una singură. Isaac Newton demonstrase în secolul al XVII-lea că aceeași forță cauza căderea mărului într-o livadă și periodicitatea mișcării pe orbită a satelitului nostru natural, Luna, două evenimente care, la prima vedere (și așa păruseră timp de mai multe secole), păreau să nu fie legate nici pe departe. În secolul al XVIII-lea, Benjamin Franklin arătase că șocul electrostatic provocat cuiva de un grilaj de fier era în legătură cu fulgerele care se formau în norii de furtună de pe cer.

„Aș vrea să putem deduce și restul fenomenelor naturale prin același gen de raționament pe baza principiilor

mecanicii", scria Newton, „căci multe motive mă fac să bănuiesc că acestea toate ar putea depinde de anumite forțe".

Savanții din secolul al XIX-lea erau pregătiți să găsească chiar și mai multe convergențe decît dorise probabil să sugereze Newton, pentru a se remarca prin idei și mai cuprinzătoare. Și chiar au făcut-o.

Atomismul, care a ajuns la maturitate la începutul secolului sub îndrumarea lui John Dalton, era mai presus de toate o idee reducționistă – dorința de a reduce toate formele complexe ale materiei care se manifestă în natură la cîteva particule fundamentale supuse cîtorva legi de bază.

În 1799, Alessandro Volta a construit „celula voltaică", prima baterie utilizabilă. Înainte de apariția invenției sale, oamenii de știință nu puteau nici să studieze temeinic electricitatea, nici să o folosească, deoarece nu puteau obține decît mici străfulgerări de electricitate statică sau descărcări momentane. Acum aveau la dispoziție curent electric. După aceea, Hans Christian Oersted a descoperit din întîmplare că electricitatea și magnetismul sînt legate între ele! El și-a făcut publică descoperirea în 1820. După aceea a început să curgă cu descoperiri importante din laboratoarele și calculele lui Michael Faraday, André Marie Ampère și alții. Ca un exemplu convingător despre cum poate un nou instrument științific să degajeze o fundătură, mare parte din evoluția științei în secolul al XIX-lea a decurs din teoria electromagnetică ce a urmat și din utilizarea electrolizei în chimie.

Ideea uluitoare că electricitatea, magnetismul și lumina sînt toate forme ale aceluiași tip de energie a „electrizat" lumea fizicii. De fapt, cercetătorii au descoperit că energia putea fi transformată în multe forme diferite: căldură, mișcare mecanică, electricitate, lumină. Mulți oameni de știință credeau că energia va fi marea temă unificatoare a secolului – că răspunsul la toate întrebările, în cele din urmă, se va reduce la o singură teorie unificatoare a energiei. Progresele uimitoare înregistrate în secolul al XIX-lea i-au făcut pe fizicieni să creadă că au rămas doar puține probleme de rezolvat. Studiul fizicii, susțineau ei, va ajunge curînd la sfîrșit – dat fiind că nu au mai rămas multe de descoperit.

Ideile mărețe, atotcuprinzătoare nu au fost limitate la științele fizice. În biologie, două personalități, Charles Darwin și Alfred Wallace, au adus un extraordinar set de principii care explicau originea speciilor. Teoria evoluției va furniza explicații viabile pentru enorma diversitate a vieții care devenea și mai largă și mai misterioasă cu fiecare călătorie întreprinsă în ținuturi tot mai îndepărtate. Iar legile geneticii ale lui Gregor Mendel au oferit noi explicații despre felul cum se transmit de la o generație la alta.

Cu toate acestea, nu toți erau convinși că unitatea în știință se va produce prin convergența teoriilor. Unii, ca James Clerk Maxwell, credeau în schimb că știința va fi unificată prin metoda de abordare, nu prin intermediul unei singure teorii (iar asta era o ciudățenie, pentru că tocmai el este autorul teoriei electromagnetice, unul dintre marile concepte unificatoare ale tuturor timpurilor). În Anglia mai ales, cea mai frecvent folosită metodă era ideea de a recurge la o analogie, sau model, pentru a reprezenta funcționarea unui concept. (Francezii erau de părere că abordarea era simplistă și infantilă, dar în Anglia, oameni de știință cu pregătiri diferite au constatat că un adevărat izvor de idei decurgea din construirea unui model mecanic. Dalton, Faraday, William Thomson și Maxwell considerau cu toții că modelele sînt extrem de fructuoase.)

Secolul al XIX-lea a însemnat de asemenea dispariția alchimiei și a misticismului legat de aceasta, care întîrziase mult progresul, îndeosebi în chimie, în timpul generațiilor anterioare. Spre sfîrșitul secolului, chimiștii nu mai vorbeau de un grup misterios de substanțe pe care predecesorii lor le consideraseră „imponderabile". Căci în secolul trecut, acest vestigiu al alchimiei dominase aproape toate eforturile de a descifra natura reacțiilor care aveau loc cînd se combinau substanțele sau cînd avea loc combustia. Căldura, lumina, magnetismul și electricitatea erau toate considerate fluide lipsite de greutate care se transferau de la o substanță la alta. Prezența lor nu putea fi determinată prin cîntărire întrucît nu aveau greutate. Lavoisier a discreditat teoria „flogisticului", o altă imponderabilă postulată pentru a explica combustia, dar restul imponderabilelor au rămas parte a teoriei științifice pînă cînd, în secolul a XIX-lea, una după alta, descoperirile au dus la explicații mai raționale ale felului cum funcționează lucrurile. Iar ultimele urme de misticism au fost eliminate în cele din urmă din cercetarea științifică.

Pe măsură ce ideile științifice deveneau tot mai puternice și mai coerente, controversele legate de acestea se acutizau. Unii criticau respingerea credințelor străvechi, printre care alchimia, misticismul și astrologia. Mulți se opuneau teoriilor noi – în special teoriei evoluționiste a lui Darwin și Wallace – care păreau să concureze relatările biblice și răsturnau ierarhii multă vreme acceptate, ierarhii ce stabileau un loc aparte pentru oameni față de celelalte animale.

Mai multe facțiuni influente ale societății europene s-au opus de-a dreptul științei, considerînd-o anticreativă, rigidă și restrictivă. În Germania, savantul poet Johann Wolfgang Goethe și filozoful Georg Hegel au devenit oponenți de frunte

ai naturii mecaniciste și materialiste a științei, iar curentul idealist și romantic german *Naturphilosophie* a dobîndit popularitate spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea și începutul celui de-al XIX-lea. În Franța, în urma restaurației dinastiei Bourbonilor în 1814, romantismul antiștiințific a devenit o poziție populară de adoptat în societate. Personalități prestigioase precum scriitorii Anne Luise Germaine de Staël (Madame de Staël) și René de Chateaubriand disprețuiau „toată droaia de matematicieni", iar poetul Alphonse de Lamartine, îmbătat de puterea emoției umane, scria cu emfază: „Matematicile au fost lanțurile gîndirii omenești. Eu respir, iar ele sînt distruse." Romanticii considerau sentimentele umane și individualismul ca fiind sursa întregii puteri creatoare și vedeau universul ca pe un organism, nu ca pe o mașină. Ei puneau subiectivitatea „inimii" și a imaginației în opoziție cu roadele mai obiective ale gîndirii științifice. Poetul englez John Keats vorbea în numele multor romantici: „nimic nu e sigur, în afară de sfîntenia emoțiilor inimii și de adevărul imaginației. Ceea ce imaginația surprinde ca frumusețe trebuie să fie adevărat..."

Una dintre cele mai mari controverse ale epocii a avut ca obiect teoria evoluționistă, care postula că diferitele specii din natură au evoluat din strămoși comuni prin intermediul selecției naturale. Aproape toate publicațiile conservatoare din Anglia erau pline de caricaturi care îi înfățișau pe Darwin și pe aliatul său, T.H. Huxley, ca maimuțe, primate sau gorile. Dar atenția acordată în presă unor asemenea subiecte reflecta marea importanță pe care o aveau acestea în conștiința populară. Trecuseră de mult vremurile lui Copernic, în secolul al XVI-lea, cînd numai cîțiva învățați trăgeau nădejde să urmărească argumentele prezentate de știință, ca să nu mai

vorbim de interes. Acestea au fost vremuri pline de avînt, cînd știința, sau cel puțin rolul public al acesteia, deținea un loc central, „în lumina reflectoarelor", acolo unde putea fi văzută de toți. Iar lumina acestor reflectoare a sporit în intensitate pe măsură ce au trecut anii, aducînd noi descoperiri.

Dar în primii ani ai secolului al XIX-lea, totul a început cu cîteva invenții și descoperiri simple – o teorie susținută de un profesor solitar din Anglia, Dalton, și o baterie inventată de un fizician singuratic din Italia, Volta. Povestea noastră începe cu aceste două evenimente.

PARTEA I

ȘTIINȚELE FIZICE

CAPITOLUL 1

ATOMII ŞI ELEMENTELE

Nimic nu există în afară de atomi şi spaţiu liber; orice altceva e o părere.

Democrit

Pălăria neagră, cu boruri largi şi îmbrăcămintea sumbră a lui John Dalton se profilează puternic pe cerul cenuşiu din nordul Angliei în timp ce el îşi face plimbarea zilnică pe dealurile din jurul oraşului Manchester. Pe cînd fumul de la coşurile fabricilor se amesteca cu ceaţa umedă a mlaştinilor, Dalton făcea măsurători meteorologice meticuloase, îşi nota schimbările continue ale climatului din comitatul Lancashire, făcea studii atmosferice şi efectua experienţe. Pentru vecinii săi , el părea un individ ciudat şi solitar. Dar pentru ştiinţă, acest quaker* retras, individualist şi cu o educaţie sumară a devenit unul dintre marii catalizatori ai începutului de secol, el formulînd una dintre teoriile fundamentale ale ştiinţei moderne, o teorie care va sta la baza chimiei şi fizicii moderne.

Lui John Dalton i se atribuie meritul de a fi readus în prim plan ideile antice despre atom, la care a făcut aluzie

*Quaker – membru al Societăţii Prietenilor, o sectă creştină înfiinţată de George Fox în 1650 (n.tr.).

John Dalton, a cărui teorie atomică a deschis uşile pentru o mare parte din ştiința secolului al XIX-lea

pentru prima oară la finele unui articol publicat în 1803, iar pînă în 1826 el căpătase un renume larg răspîndit. În anul acela, la o reuniune a Societății Regale (Royal Society), cea mai prestigioasă societate britanică de știință, chimistul-fizician Humphry Davy (cu care ne vom mai întîlni pe parcursul acestui capitol) a declarat:

Reputația permanentă a domnului Dalton se va baza pe faptul că a descoperit un principiu simplu, universul aplicabil la fenomenele chimice... clădind astfel fundația pentru viitoarele lucrări... Meritele sale în această privință sînt similare cu cele ale lui Kepler în astronomie.

Cu toate acestea, John Dalton nu a fost primul care a avut această idee.

CĂRĂMIZILE CONSTITUENTE ALE NATURII

Timp de mai multe secole, popoarele antice au presupus că toate substanțele ar fi alcătuite din cîteva elemente de bază. Grecii luau în considerare patru substanțe fundamentale pe care le numeau elemente: aerul, focul, apa şi pămîntul. Hinduşii, care subscriau la filozofia ayurvedică, au importat teoria celor patru elemente de la greci, iar taoiştii antici chinezi au dezvoltat o teorie ce se referea la cinci „faze" elementare aflate în interacțiune: metalul, apa, lemnul, focul şi pămîntul.

Dar cea mai mare parte a filozofiilor antice nu includeau şi ideea de atom. Pînă cînd, în secolul al V-lea î.Hr., un filozof grec solitar, Leucip, s-a întrebat ce se întîmplă dacă descompui o substanță pînă la cele mai mici particule posibile. De exemplu, dacă spargi o piatră în două, apoi spargi jumătățile astfel obținute în două, şi iar şi iar. Curînd (mai curînd decît ați putea crede) s-ar obține particule de praf. Se poate diviza un fir de praf în două? Da, a presupus Leucip

(deşi, din cîte ştim, nu a încercat să o facă). Şi pe urmă, poți continua procesul de divizare? Pînă unde poți merge? Leucip s-a gîndit că în cele din urmă se va ajunge la cea mai mică particulă posibilă şi a denumit acest lucru minuscul, prea mic ca să poată fi văzut, *atom,* de la cuvîntul grecesc pentru indivizibil.

Elevul său, Democrit (cca 470-380 î.Hr.) a preluat atomismul şi a extins teoria lui Leucip susținînd că între atomi nu există nimic altceva decît spațiu vid şi că toate lucrurile, inclusiv mintea omenească, sînt compuse din atomi, care se mişcă mecanic, conform legilor naturii. Dar oricît de familiare ar părea aceste idei astăzi, Leucip şi Democrit nu au ajuns la ideile lor în urma unor experimente, ci aşa cum procedau de obicei grecii, pe calea raționamentului. Ulterior, învățatul arab Rhazes (ar-Razi, născut în jurul anului 852 d.Hr.), a susținut idei atomiste similare cu ale lui Democrit, afirmînd că atomii au dat naştere celor patru elemente. Prin secolul al XI-lea, învățații din India au elaborat o teorie atomică unică, cu combinații formate în diade (două elemente) şi triade (trei elemente).

În secolul al XVII-lea, Robert Hooke (1635-1703) s-a gîndit că presiunea exercitată de un gaz pe pereții unui container (de exemplu, un balon) poate fi provocată de agitația atomilor conținuți în respectivul recipient. Contemporanul său Robert Boyle (1627-1691) a înțeles de la început că gazele sînt probabil cheia înțelegerii atomilor (pe care îi plăcea să-i denumească „corpusculi"). În cadrul unui celebru experiment cu un tub de forma literei J, el a demonstrat că aerul poate fi comprimat. Boyle s-a gîndit că o explicație adecvată pentru acest fenomen ar fi aceea că, într-un gaz, atomii sînt separați de spații largi, dar, supuşi unei presiuni

externe, se apropie unii de alții. Nu era totuşi o dovadă asupra existenței atomilor; o mulțime de alte explicații erau posibile. Ulterior, oamenii de ştiință din secolul al XVIII-lea au descoperit că apa este compusă din două elemente, hidrogenul şi oxigenul (prin urmare, apa nu este un element). Şi au mai descoperit diferite tipuri de „aer": gaze pe care acum le numim oxigen, azot, şi dioxid de carbon. Tot în perioada aceea au mai fost descoperite şi alte elemente, aşa încît teoria antică cu privire la numărul elementelor existente şi care anume sînt acestea nu mai părea valabilă. Dar ideea fundamentală, cum că toate substanțele sînt compuse dintr-un număr relativ mic de elemente, s-a păstrat.

Totuşi, în general, ideea de atom nu a avut priză la oamenii de ştiință, cel puțin la început. Mai ales că doi influenți gînditori greci, Platon (427-347) î.Hr.) şi Aristotel (384-322 î.Hr.) nu acceptaseră ideea lui Leucip şi Democrit, şi chiar dacă au existat cîțiva „disidenți", nimeni nu a reuşit vreodată să prezinte dovezi experimentale convingătoare care să indice existența atomilor.

„NOUA CHIMIE"

Aşadar ideile atomiste dăinuiau de multă vreme în momentul apariției pe scenă a lui John Dalton, dar nimeni nu găsise modalitatea de a dovedi existența acelei cărămizi constituente, minuscule şi invizibile, prin intermediul unei experiențe. Tot aşa cum nu au găsit o explicație pentru diferitele proprietăți chimice ale uriaşului număr de materiale cunoscute încă de pe atunci.

Fundamentele chimiei fuseseră totuşi constituite pe alte căi. Antoine Lavoisier, Joseph Priestley şi Joseph Black demonstraseră că, la fel ca şi fizica, chimia putea să tragă

foloase uriașe de pe urma folosirii măsurătorilor. În principal prin cîntăriri efectuate înainte și după, ei au început să cuantifice rezultatele experiențelor lor și au arătat că teorii și concluzii sănătoase se pot edifica pe baza analizei cantitative.

Lavoisier a formulat totodată și legea conservării materiei, și anume ideea că materia nu este nici creată, nici distrusă, ci pur și simplu se transformă. Și a mai venit cu ideea că elementele chimice sînt nici mai mult, nici mai puțin decît substanțe care nu pot fi descompuse în substanțe mai simple prin mijloace chimice. Mai mult, spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, chimiștii au descoperit o mulțime de elemente noi, nemaiîntîlnite pînă atunci.

Dar abia teoria atomică a lui Dalton avea să ofere o explicație a structurii care operează „în spatele cortinei".

ATOMII LUI DALTON

În tinerețe, John Dalton (1766-1844) nu părea a fi deloc un om destinat să zguduie lumea științifică. Nu a fost niciodată un mare experimentator. Nu era nici strălucit, nici elocvent și nu a avut acces la „cele mai bune" școli. Învățămîntul elementar l-a făcut într-o școală cu o singură sală de clasă, iar la doisprezece ani a preluat sarcina de profesor pentru întreaga școală. În timpul liber citea cărți de Newton și Boyle și, din momentul acela, în cea mai mare parte, a fost un autodictat, neputîndu-și permite continuarea studiilor. Curînd după aceea, Dalton și-a înființat propria școală, dar era un dascăl atît de plicticos încît după numai trei ani școala s-a închis pentru că toți elevii au plecat.

Spre deosebire de mulți oameni de știință din vremea sa, Dalton nu a avut niciodată succes într-un turneu de

conferințe. Avea un stil aspru, țărănesc, iar felul lui de a fi era lipsit de charismă. Așa încît, incapabil să obțină venituri de pe urma conferințelor, și-a cîștigat existența ca profesor și tutore, profitînd de toate momentele de timp liber pentru a da curs intereselor sale de natură științifică. (Întrebat de ce nu s-a căsătorit niciodată, el a replicat sec: „N-am avut timp. Am mintea prea plină de triunghiuri, procese chimice și experiențe electrice ca să mă mai gîndesc și la o asemenea prostie.")

Fiind un quaker (sau *friend,* prieten), el respecta cu strictețe tradiția religiei sale de a se îmbrăca simplu, lucru care poate să fi fost spre avantajul lui, dat fiind că nu percepea culorile, iar în dulapul lui nu se aflau haine în culorile pe care nu le putea distinge.

John Dalton se caracteriza printr-o mare perseverență, meticulozitate, coerență și o neștirbită curiozitate. Începînd cu anul 1787, a ținut un jurnal meteorologic zilnic, a adus cîteva contribuții la studiul gazelor și a fost primul care a formulat clar teoria atomică – toate acestea fiind rezultatele neobositelor sale abordări ale misterelor naturii.

Spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, multe întrebări privind natura aerului și a componentelor sale rămăseseră fără răspuns, iar Dalton a fost fascinat de această problemă. A făcut în jur de 200 000 de observații meteorologice în timpul excursiilor zilnice pe întreaga durată a vieții sale – ultima chiar în ziua morții sale, la vîrsta de 78 de ani. Așa că nu este de mirare că implicarea sa în studiul climei l-a determinat să exploreze misterele gazelor, compoziția și comportamentul acestora.

Se stabilise deja că aerul este compus din oxigen, azot și vapori de apă. Dar de ce diferitele părți ale amestecului nu se separau întotdeauna? De ce gazul mai greu, azotul, nu se lăsa la fundul unui container ori, din același motiv, în regiunile mai joase ale atmosferei? Folosind aparate simple, artizanale, Dalton a cîntărit diferitele elemente din care se compune aerul și a ajuns la cîteva concluzii importante.

Astfel, Dalton a descoperit că un amestec de gaze cîntărește tot atît cît greutățile cumulate ale gazelor luate separat. Și iată cum a explicat acest lucru:

> *Cînd două fluide elastice [gaze] notate cu A și B sînt amestecate, nu există nici o respingere reciprocă între particulele acestora; particulele lui A nu le resping pe cele ale lui B, așa cum se resping între ele. Prin urmare, presiunea sau greutatea totală asupra oricărei particule provine numai din partea aceluiași tip de particule.*

Cunoscută ca legea presiunilor parțiale a lui Dalton (enunțată în 1803), această afirmație se reduce în esență la ideea că gazele dintr-un amestec nu se afectează reciproc, sau că presiunea totală a unui amestec de gaze este suma presiunilor individuale ale gazelor luate separat. Dalton cunoștea, firește, activitatea lui Boyle în legătură cu gazele și această nouă informație părea să sugereze și mai apăsat că gazele sînt alcătuite din particule mici, indivizibile.

Dar el a continuat să se gîndească la acest lucru. Ce-ar fi dacă întreaga materie – nu numai gazele – ar fi alcătuită din aceste particule minuscule? Joseph Louis Proust arătase în 1788 că substanțele se combină întotdeauna în unități întregi.

Lista originală de elemente și simboluri a lui Dalton

Cu alte cuvinte, substanțele chimice s-ar putea combina după un raport de trei pe patru. Sau opt pe unu. Dar reacția nu ar presupune, să spunem, 8,673 grame de oxigen și 1,17 grame de hidrogen. O modalitate de a explica această lege a proporțiilor definite, cum a fost denumită, era să se presupună că fiecare element este compus din particule mici, indivizibile.

Dovada prindea treptat contur. Așa încît Dalton a susținut ideea că fiecare element este alcătuit din particule minuscule, pe care, în onoarea lui Democrit, le-a denumit „atomi". (Aceasta era o denumire ușor derutantă, chiar dacă Dalton nu avea de unde să știe, pentru că, după cîte cunoaștem, atomii nu sînt cu adevărat „indivizibili". La rîndul lor, ei sînt alcă-

tuiți din mai multe particule și mai mici, care par a fi indivizibile. Din acest motiv, mulți oameni de știință vorbesc astăzi despre atomul lui Dalton ca despre „atomul chimic".) Dalton a mai formulat ideea că atomii diferitelor substanțe chimice nu sînt identici, așa cum susținuseră anterior alți atomiști. Dar, spre deosebire de Democrit, care credea că atomii diferitelor substanțe diferă prin formă, Dalton a observat că aceștia diferă prin greutate și a stabilit faptul că fiecare element are o greutate proprie.

IPOTEZA LUI AVOGADRO

Așa cum Joseph Gay-Lussac a demonstrat definitiv în 1802, toate gazele își măresc volumul cu aceeași cantitate la o creștere dată a temperaturii. (John Dalton a ajuns și el la aceeași concluzie și, independent, Jacques Charles i-a precedat pe amîndoi în această privință. Principiul ratei constante de expansiune a gazelor la o presiune constantă este cunoscut sub numele de legea lui Charles, deoarece el a fost primul care a descoperit-o.)

În 1811, Amedeo Avogadro (1776–1856, conte de Quaregna) a anunțat că această lege ar trebui să însemne că volume egale de gaze diferite (la aceeași temperatură) trebuie să conțină același număr de particule (observați că el nu a spus „atomi"). Această idee, denumită ipoteza lui Avogadro, a stîrnit o controversă considerabilă pe parcursul primei jumătăți a secolului al XIX-lea.

Dacă așa stau lucrurile, de ce un volum dat de oxigen sau de hidrogen cîntărește de două ori mai mult decît ar fi de așteptat ținînd cont de masele atomice ale acestor gaze? (Știm acum că atomii de oxigen și de hidrogen apar în natură legați

în molecule de cîte doi atomi – dar pe vremea lui Avogadro nu se cunoștea acest lucru.) Dacă se combină chimic un volum de hidrogen și un volum de clor, ar fi de așteptat, s-a gîndit Avogadro, să se obțină un volum de gaz numit clorură de hidrogen. În loc de asta, se obțin două volume. Să însemne acest lucru că atomii de hidrogen și cei de clor se divizează pentru a se compune unii cu ceilalți? Nu, a spus Avogadro. Unele elemente, a presupus el, ar putea fi combinații de atomi și, de fapt, s-a gîndit că unele gaze – printre care oxigenul, azotul și hidrogenul – se găsesc în natură sub formă de molecule compuse din cîte doi atomi (O_2, N_2, H_2). (Avogadro a fost primul care a folosit termenul *moleculă*, care înseamnă „masă mică", în acest sens, și a fost primul care a făcut distincția între atomi și molecule.) Cu toate acestea, multe personalități importante din chimie – printre ei și Dalton și renumitul chimist suedez Jöns Jacob Berzelius – au respins ideea pe motiv că atomii de același fel se resping și astfel ipoteza lui Avogadro a rămas uitată pînă în 1858, cînd în sfîrșit a fost acceptată.

În septembrie 1803, Dalton a prezentat prima listă de mase atomice bazată pe hidrogen ca unitate de masă, toate celelalte elemente cîntărind multipli întregi ai masei hidrogenului. Ulterior a lărgit lista inițială pentru a include alte 21 de elemente.

Datorită lui Dalton, chimiștii au început să-și dea seama că există diferite tipuri de atomi și că atomii oricăruia dintre elemente sînt identici, cu proprietăți specifice și diferă prin masa relativă față de atomii tuturor celorlalte elemente.

Dalton a insistat asupra acestei idei. Se părea că două elemente se pot combina pentru a forma mai mult decît un

singur compus. Carbonul şi oxigenul, de exemplu, pot forma atît monoxidul de carbon, cît şi dioxidul de carbon. Dar ele se combină în proporţii diferite, care rămîn numere întregi (un raport al maselor de 3:4 între carbon şi oxigen la monoxidul de carbon şi un raport de 3:8 la dioxidul de carbon). Dalton a presupus că monoxidul de carbon ar putea fi alcătuit dintr-o singură particulă de carbon combinată cu o particulă de oxigen (patru particule de carbon avînd masa egală cu trei de oxigen). Pe de altă parte, s-a gîndit el, dioxidul de carbon era o particulă de carbon reunită cu două particule de oxigen. (O ipoteză care a fost confirmată ulterior.) Cunoscută azi ca legea proporţiilor multiple şi publicată de Dalton în 1804, această idee fusese anticipată de savantul William Higgins în 1789, dar nimeni pînă la Dalton nu a sprijinit-o cu dovezi experimentale. Mulţi dintre colegii lui Dalton o găseau interesantă deoarece părea să facă teoria atomică şi mai plauzibilă.

Lui Dalton i-a venit această idee fiindcă a observat că atunci cînd elementele se combină chimic pentru a forma un compus, unul sau mai mulţi atomi ai unui element se combină cu unul sau cu un număr mic de atomi ai celuilalt element pentru a forma o moleculă, cea mai mică particulă a unui compus. De exemplu, o moleculă de apă este întotdeauna compusă, din punct de vedere al maselor, dintr-o parte de oxigen şi două părţi de hidrogen. O moleculă de apă are întotdeauna aceeaşi masă moleculară ca oricare altă moleculă de apă şi este egală cu masa a doi atomi de hidrogen plus masa atomului de oxigen. Dalton a testat asta cu mai multe zeci de compuşi şi a obţinut mereu aceleaşi rezultate.

Teoria atomică a lui Dalton a făcut posibil să se explice cum se combină aceste elemente pentru a forma substanţe

compuse. Atomii se reunesc, spunea el, pentru a forma alte substanţe, şi atunci cînd o fac se combină chimic unul cu unul, sau unul cu doi, ori cu trei, ori cu mai mulţi atomi – întotdeauna numere întregi, nu fracţionare – pentru a forma alte substanţe.

În 1808 el şi-a publicat ideile în lucrarea *New System of Chemical Philosphy* („Noul sistem al filozofiei chimice"). Atomul, susţinea el, este unitatea de bază a elementului chimic şi fiecare atom chimic are o masă specifică. El scria:

> *Există trei distincţii în tipurile de corpuri, sau trei stări, care au atras în special atenţia chimiştilor filozofi; şi anume, acelea notate cu termenul de fluide elastice [gazele], lichidele şi solidele. Un foarte cunoscut exemplu este apa, care, în anumite circumstanţe, este capabilă să-şi asume toate cele trei stări. În aburi recunoaştem un fluid elastic perfect, în apă un lichid perfect, iar în gheaţă un solid desăvîrşit. Aceste observaţii au condus în mod tacit la concluzia care pare unanim acceptată că toate corpurile de mărime sesizabilă, fie ele lichide sau solide, sînt constituite dintr-un număr imens de particule extrem de mici sau de atomi de materie ţinute împreună de către o forţă de atracţie care este mai mult sau mai puţin puternică, în funcţie de circumstanţe...*

El a mers mai departe şi a explicat că analiza şi sinteza chimică presupun pur şi simplu reorganizarea acestor particule – separîndu-le unele de altele sau reunindu-le. Aşa cum

spusese Lavoisier, în aceste procese materia nu era nici creată, nici distrusă. „Toate schimbările pe care le putem produce", declara Dalton, „constau în separarea particulelor care se află în stare de coeziune sau combinare şi alăturarea acelora care au fost anterior distanțate." Sînt idei care şi astăzi îşi păstrează valabilitatea.

Teoria atomică a lui Dalton a repurtat succese acolo unde alții au dat greş deoarece el a furnizat un model pe baza căruia se puteau formula predicții sigure. Fără doar şi poate, unele aspecte ale teoriei au fost eliminate mai tîrziu, dar trăsăturile de bază au supraviețuit: faptul că fiecare atom are o masă caracteristică şi că atomii elementelor rămîn neschimbați în urma proceselor chimice.

Pe parcurs, Dalton a făcut şi alte descoperiri, mai puțin importante. El a fost primul care a publicat ideea generalizatoare conform căreia, dacă un gaz oarecare porneşte de la aceeaşi temperatură cu oricare alt gaz, ambele îşi vor mări volumul în mod egal dacă sînt încălzite la aceeaşi temperatură. Totodată, a fost primul care a descris discromatopsia (daltonismul), într-un articol publicat în 1794.

În 1833, un grup de admiratori şi prieteni au colectat fonduri pentru ridicarea unei statui a lui Dalton, care a fost înălțată în fața Institutului Regal din Manchester. Mai multe societăți prestigioase l-au onorat, inclusiv Royal Society din Londra şi Academia de Ştiințe din Paris. Iar în 1832, cînd a obținut doctoratul la Oxford, a avut onoarea de a fi prezentat regelui Angliei. Singura problemă era că trebuia să poarte o ținută de Curte care includea şi o sabie, ceea ce contravenea principiilor pacifiste ale religiei sale. Dar el şi demnitarii englezi au ajuns la un compromis: avea să poarte roba Universității Oxford, care făcea din problema sabiei o chestiune discutabilă. E posibil să fi ştiut sau să nu fi ştiut că

roba pe care o purta era de culoare roşie – la fel de incompatibilă cu tradițiile vestimentare ale quakerilor. Dar pentru savantul suferind de discromatopsie mantia era cenuşie.

John Dalton a murit în 1844, foarte respectat pentru activitatea sa legată de teoria atomică şi de comportamentul gazelor. Peste 40 000 de oameni l-au însoțit pe ultimul drum pe omul care păruse incapabil să-i convingă pe studenți să participe la orele sale. Încă dintr-o fază timpurie a vieții sale a pregătit terenul pentru cele mai mari descoperiri din secolul al XIX-lea, atît în chimie, cît şi în fizică, şi a avut norocul să trăiască ziua în care oamenii au recunoscut valoarea contribuției sale.

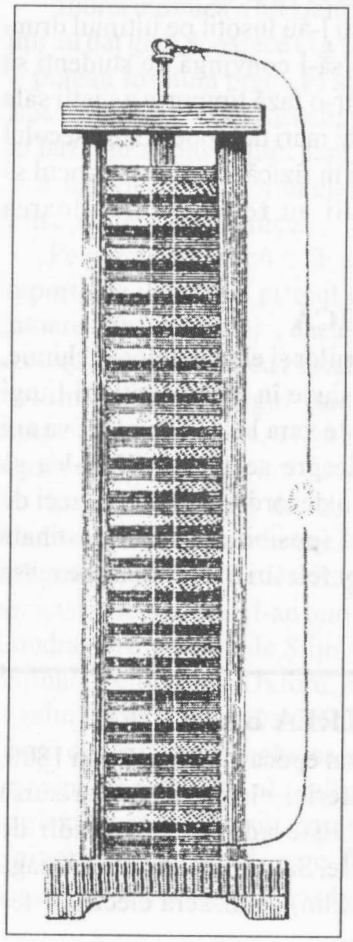
CONEXIUNEA ELECTRICĂ

Vom reveni la epopeea atomilor şi elementelor în chimie, dar mai întîi vom face o incursiune în laboratorul lui Luigi Galvani din Bologna, Italia. Este vara lui 1771, cu cîțiva ani înainte ca povestea noastră despre secolul al XIX-lea să înceapă. Laboratorul este într-o dezordine totală, cu zeci de perechi de picioare de broască (posibil să fi fost destinate unui ceaun cu supă, potrivit unor relatări) împrăştiate pe masa de lemn.

VOLTA ŞI NAŞTEREA BATERIEI

Alessandro Volta a inaugurat epoca electricității în 1800, cînd a anunțat inventarea bateriei electrice, prima sursă continuă de curent electric. Este adevărat că studii de electricitate se făcuseră şi înainte. Savanți din lumea întreagă (printre care şi Benjamin Franklin) studiaseră electricitatea

statică vreme de un secol. Dar electricitatea statică se descărca toată deodată, printr-o singură scînteie sau şoc. Bateria lui Volta putea furniza un curent, şi chiar dacă timp de cîţiva ani nu i s-au găsit utilizări practice, chimiştii şi fizicienii au



„Celula voltaică" a lui Alessandro Volta, prima sursă de curent electric continuu. Era o celulă electrochimică ce funcţiona pe baza unui principiu în mare măsură asemănător cu cel al bateriilor de lanternă de astăzi

început să o folosească imediat ca instrument în analiza substanţelor.

Volta, un fizician de la Universitatea din Pisa, a avut prima inspiraţie citind despre studiile lui Galvani asupra broaştelor (vezi textul) şi a făcut cîteva experienţe proprii. Sceptic în privinţa „electricităţii animale", el a fost frapat de faptul că electricitatea era produsă numai dacă se foloseau două metale diferite. Totodată, a mai observat că unele combinaţii de metale produceau spasme mai puternice decît altele. Şi, atunci cînd a pus pe limbă, care este în principal un muşchi, o foiţă de staniu şi una de argint, limba lui nu a suferit cine ştie ce contracţie, dar a remarcat un gust acru. Aceasta l-a făcut să se întrebe dacă nu cumva electricitatea putea fi condusă de la un metal la altul prin intermediul fluidului care era saliva. Volta a încercat mai multe soluţii, oprindu-se în cele din urmă la saramură, adică la o soluţie concentrată de apă sărată. El a constatat că dacă suprapune discuri metalice diferite, separate de discuri din carton înmuiate în apă sărată, obţine un foarte eficace set de celule de baterie (fiecare „sandviş" formînd o celulă). Ansamblul astfel construit a căpătat numele de celulă voltaică, după cel al inventatorului său.

Potenţialul acestui dispozitiv a fost recunoscut imediat de savanţii de pretutindeni, ba chiar şi de către Napoleon, care i-a acordat rangul de conte şi de senator în Lombardia natală a lui Volta (de curînd cucerită de Napoleon). Într-o scrisoare adresată Societăţii Regale din Londra în anul 1800, Volta îşi exprima încîntarea faţă de simplitatea minunată a propriei sale invenţii. „Da!", scria el, „aparatul de care vă vorbesc, şi care fără îndoială vă va ului, este doar un ansamblu de diferite materiale bune conducătoare aranjate într-un anumit fel."

Astfel, uluitorul „ansamblu" a lui Alessandro Volta, numit adesea „pilă voltaică", a devenit un instrument la fel de important pentru știință ca și telescopul și microscopul, cu mult înainte de a ajunge să transforme felul în care oamenii își luminau străzile și locuințele.

Luigi Galvani (1737–1798) a fost anatomist și medic, nu fizician. A fost profesor de biologie la Universitatea din Bologna. Dar lui Galvani i-a venit ideea de a încerca să stimuleze mușchii de la picioarele broaștelor disecate cu scîntei produse de o mașină electrică. Picioarele de broască tresăreau la stabilirea contactului. A constatat chiar că un scalpel metalic provoca tresărirea picioarelor dacă mașina era pornită – chiar dacă scînteia nu făcea propriu-zis contact.

Galvani a raționat că dacă o scînteie electrică provoca această tresărire a mușchilor, atunci el putea confirma că fulgerul însemna într-adevăr electricitate, așa cum Franklin postulase în urma experimentului său cu zmeul de hîrtie. Pentru a-și testa afirmația, Galvani a atîrnat picioare de broască cu niște cîrlige de bronz de o un grilaj din fier. La apariția fulgerelor, picioarele au tresărit. Dar s-a mai întîmplat și altceva: picioarele au tresărit și după ce fulgerele au încetat. Galvani a constatat că spasmele se produceau ori de cîte ori mușchii intrau în contact cu două metale diferite în același timp.

Galvani nu era sigur care era cauza fenomenului. Oare metalele provocau convulsiile? Sau mușchii păstrau, chiar și după moarte, un soi de „electricitate animală" înnăscută? Poate că pasiunea lui Galvani pentru biologie l-a făcut să creadă că țesutul animal al picioarelor de broască posedă

forța electrică pe care a observat-o. Dar el și-a publicat rezultatele în 1791 și a declanșat un fel de revoluție cînd un alt italian, Alessandro Volta, i-a citit lucrările și a început să aprofundeze problema.

Volta (1745–1827) a citit *Comentariile* lui Galvani, a repetat experiențele acestuia și a încercat o alta, proprie. A pus o foiță de staniu pe partea superioară a limbii și o monedă de argint sub limbă, conectîndu-le cu o sîrmă de cupru. A constatat că montajul astfel realizat producea un gust acru distinctiv în gură. El a presupus corect că gustul acela acru indica prezența unei sarcini electrice.

„De asemenea merită a fi remarcat", scria el, „că acest gust persistă atîta timp cît staniul și argintul se află în contact reciproc... aceasta arată că fluxul de electricitate dintr-un loc în altul este continuu, fără întrerupere".

Metalele, și-a dat el seama, nu erau doar conductori – ele chiar produceau electricitate! Galvani se înșelase: picioarele de broască nu manifestaseră electricitate animală, ci electricitate metalică. (Dar Galvani a jucat un rol important, atrăgînd atenția, prin experimentul său, asupra unui fapt care va deschide în mod spectaculos ușa pentru studiul electricității, folosirea ei ca instrument valoros în știință și nenumăratele utilizări industriale și comerciale găsite pentru electricitate în deceniile care au urmat. Numele lui a intrat în limbajul de toate zilele prin cuvinte ca galvanizare, galvanometru.)

În 1797, Volta a reușit să producă electricitate „curentă" – nu forma statică de electricitate a buteliei de Leyda, care pînă la data aceea fusese cea mai bună sursă de electricitate. Iar în 1800, a scris Societății Regale din Londra, descriind prima baterie, o sursă continuă de curent electric.

ELECTROCHIMIA LUI DAVY

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea, electricitatea exercita o mare fascinație asupra tuturor, atît în cercurile științifice, cît și în cele sociale. Toată lumea vorbea despre experiențele lui Benjamin Franklin cu zmeul de hîrtie și fulgerele, iar la picnicuri și petreceri se găseau mereu persoane care să se joace cu electricitatea statică. Dar nimeni nu a reușit să afle prea multe despre ce este electricitatea sau despre felul cum funcționează, parțial și din cauză că nu exista nici o sursă de curent continuu.

Asta pînă cînd Alessandro Volta a inventat celula voltaică. Realizarea lui Volta nu numai că a deschis căi de explorare a naturii electricității (producînd rezultate spectaculoase în fizica teoretică și în industrie), dar a pus la dispoziția chimiei un instrument revoluționar pentru descoperirea de noi elemente și explorarea naturii legăturilor chimice.

Iar aici povestea noastră revine la chimie. De îndată ce Volta și-a comunicat descoperirea la Societatea Regală din Londra, un alt tînăr savant, Humphry Davy, a început să se gîndească la o modalitate prin care celula voltaică ar putea fi folosită pentru a rezolva unele probleme ale chimiei. Davy, care probabil că este cunoscut mai ales pentru descoperirea a două elemente, sodiul și potasiul, precum și pentru inventarea lămpașelor de miner, a fost angajat în anul 1800 (împreună cu Thomas Young, a cărui activitate o vom discuta în capitolul 4) la Institutul Regal (Royal Institution), o instituție de învățămînt și un laborator de cercetare recent înființate.

Davy, născut în 1778, era cel mai mare dintre cei cinci copii ai unui cioplitor în lemn din orașul Penzance de pe coasta vestică a comitatului englez Cornwall. În 1794, cînd

Davy avea doar 16 ani, tatăl lui a murit, lăsînd grija familiei pe seama băiatului cel mare. Așa că Humphry s-a angajat în scurt timp ca ucenic la un chirurg local, dar pînă la vîrsta de 19 ani a căpătat un mare interes pentru chimia experimentală și pentru granița dintre chimie și fizică. A început să testeze ideile conținute în lucrarea lui Antoine Lavoisier *Traité élémentaire de chimie* (1789), și a ajuns la unele concluzii revoluționare pentru vremea aceea. Pornind de la observațiile pe care le-a făcut frecînd două blocuri de gheață între ele, el a ajuns la concluzia că, spre deosebire de ceea ce credeau majoritatea chimiștilor vremii, căldura nu era un „fluid imponderabil", ci o formă de mișcare. Din păcate, Davy era tînăr și cam nesăbuit, vorbind cu mai multă încredere decît garantau experiențele sale. În consecință, comunitatea științifică a întîmpinat destul de rece anunțul său, cu o mare doză de scepticism, iar Davy a fost profund dezamăgit.

Dar în 1798, Davy a devenit asistentul lui Thomas Beddoes, un chimist și medic multilateral specializat în utilizarea terapeutică a gazelor. La Institutul Pneumatic al lui Beddoes din Bristol, Davy a făcut experimente în care s-a folosit pe sine drept cobai. El a descoperit cum se prepară protoxidul de azot (cunoscut și sub denumirea de gaz ilariant, folosit și astăzi pe scară largă de către stomatologi), din care a inhalat într-o singură zi circa 15 litri, o experiență despre care mai tîrziu avea să spună că „l-a intoxicat de-a binelea". A investigat efectele fiziologice ale gazului și a scris un articol pertinent despre acesta în 1800, reușind astfel să-și clădească reputația de chimist (și să dobîndească notorietate printre cîteva personalități ale vremii, printre care poeții Coleridge și Wordsworth, care veneau la laboratorul lui ca să experimenteze efectele amețitoare ale descoperirii sale).

Humphry Davy, întemeietorul electrochimiei

Articolul ştiinţific al lui Davy despre protoxidul de azot a atras atenţia contelui Rumford, un interesant personaj de origine americană, a cărui activitate asupra căldurii ca formă de mişcare stîrnise o controversă considerabilă în deceniul anterior, într-o vreme cînd, după opinia majorităţii chimiştilor şi fizicienilor, căldura era provocată de un fluid imponderabil (adică un fluid lipsit de greutate) numit „caloric". Deşi la vremea aceea Rumford lucra pentru guvernul Bavariei, Rumford, cunoscut iniţial ca Benjamin Thomson, a venit cu

ideea înfiinţării unui Institut Regal (Royal Institution) în Marea Britanie, avînd drept scop popularizarea ştiinţei şi aplicarea descoperirilor acesteia în viaţa de zi cu zi, în arte şi meşteşuguri. Rumford l-a angajat pe Davy ca director al laboratorului, o mare realizare pentru tînărul chimist în căutarea afirmării.

Ne aflăm în anul 1800. Înainte de a pleca din Bristol la Londra, Davy stabilise spre propria sa satisfacţie că celula lui Volta producea electricitate în urma unei reacţii chimice şi nu i-a trebuit mult să ajungă la supoziţia că şi reciproca era adevărată: anume că folosind electricitatea asupra compuşilor şi amestecurilor s-ar putea produce reacţii chimice.

Totuşi, în următorii ani, obligaţiile sale de la Royal Institution l-au ţinut departe de subiectul lui preferat. Pentru a colecta fonduri, instituţia a organizat o serie de conferinţe de mare popularitate, iar charisma şi entuziasmul lui Davy l-au făcut să fie considerat unul dintre cei mai buni conferenţiari ai vremii. (Spectaculoasele sale demonstraţii cu electricitatea şi exhibiţiile amuzante cu efectele „ameţitoare" ale gazului ilariant nu dăunau nimănui.) Probabil că atît din raţiuni financiare, cît şi pentru a promova idealurile popularizării, instituţia pentru care lucra şi-a concentrat eforturile în domeniul ştiinţelor agricole, prelucrării pieilor şi al mineralogiei, iar cele cîteva articole excelente scrise de Davy pe marginea acestor subiecte au întărit atît prestigiul instituţiei, cît şi pe al său.

Dar în 1806, Davy a întrezărit un prilej favorabil. În decurs de cinci săptămîni, el a efectuat 108 experienţe de electroliză, adică folosirea electricităţii pentru producerea unor modificări chimice. De o manieră strălucită, în conferinţa „Despre unele proprietăţi chimice ale electricităţii",

ținută în anul acela, Davy a stabilit legăturile teoretice dintre electroliză şi acțiunea voltaică şi a dat una dintre primele explicații – cu siguranță prima importantă – cu privire la natura electrică a reacțiilor chimice. Substanțele se combină chimic, spunea el, datorită atracției electrice reciproce dintre atomi.

Davy s-a gîndit totodată şi la faptul că electricitatea ar putea fi folosită la ruperea legăturilor dintre părțile substanțelor compuse pentru a izola elemente rămase încă nedescoperite. Savanții lucrau de ani de zile cu nişte substanțe – var, magnezie, potasă şi altele – care păreau a fi oxizi ai unor metale. Dar nici o cantitate de căldură, sau orice altă metodă la care s-ar fi putut gîndi cineva, nu reuşise să separe oxigenul atît de strîns legat. La finalul conferinței sale din 1806, el a pomenit în mod profetic despre speranța sa „că această nouă metodă de analiză ne-ar putea conduce la descoperirea *adevăratelor* elemente ale corpurilor".

Pentru a testa această metodă, Davy a construit o baterie uriaşă, compusă din peste 250 de plăci metalice şi mult mai puternică decît micile stive de discuri metalice şi de carton ale lui Volta. Anul următor, lucrînd cu o bucată de potasă foarte slab umezită (potasa fiind o substanță care se obține prin îmbibarea cu apă a cenuşii de la plantele arse), el a legat un electrod metalic izolat unit cu polul negativ al bateriei de o suprafață a bucății respective. De cealaltă suprafață a ataşat un fir metalic unit cu polul pozitiv al bateriei, care, nota el, „se afla într-o stare de activitate intensă". În ambele puncte de contact, potasa a început să se topească, eliberînd un gaz de pe suprafața ataşată la polul pozitiv. În celălalt punct de contact nu rezulta nici un gaz, în schimb au început să se formeze „mici globule cu un luciu metalic puternic". Semănau foarte mult cu nişte picături de mercur şi unele dintre ele au luat foc şi au explodat. Davy şi-a dat seama imediat că descoperise un nou element, pe care l-a denumit potasiu. După cum scria fratele său, John, în descrierea experienței, cînd Humphry Davy „a văzut micile globule de potasiu penetrînd crusta de potasă şi luînd foc în clipa în care ieşeau în atmosferă, nu şi-a mai putut stăvili bucuria – efectiv țopăia prin încăpere cuprins de încîntare şi extaz. Şi i-a trebuit ceva timp ca să-şi redobîndească starea de spirit necesară pentru continuarea experimentului."

Cîteva zile mai tîrziu, Davy a folosit acelaşi procedeu cu soda caustică (cunoscută ca hidroxid de sodiu) şi a descoperit sodiul. Metoda dădea roade. Între timp, la Stockholm, Jöns Jacob Berzelius şi colegii săi efectuau experimente similare şi schimbul de comunicații între cele două echipe era foarte intens. Berzelius a constatat că a obținut un „amalgam" sau aliaj al unui alt metal cu mercurul atunci cînd a trecut un curent electric printr-un compus al mercurului adăugat varului sau baritei (monoxidul de bariu). A fost încă un indiciupentru Davy care, în cîteva luni, aplicînd o încălzire puternică la amalgamul descris de Berzelius (precum şi altor amalgamuri), a reuşit să izoleze magneziul (de la „magnezie"), calciul (de la „calx"), stronțiul (de la o substanță minerală botezată după oraşul scoțian Strontian) şi bariul (de la barită). Davy acumula o listă impresionantă de descoperiri.

Lui Davy i se atribuie şi meritul testării unui gaz de culoare verde numit acid oximuriatic şi a recunoaşterii acestuia în 1810 ca element chimic pe care l-a denumit clor* (după culoarea sa verde).

* De la cuvîntul grecesc *chloros,* care înseamnă verde-gălbui (n.tr.).

Anul 1812 a fost anul de apogeu al lui Davy, anul în care şi-a publicat lucrarea *Elements of Chemical Philosophy* („Elemente de filozofie a chimiei"). A urmat rapid o altă lucrare cu un caracter aplicativ mai pronunţat, *Elements of Agricultural Chemistry* („Elemente de chimie agricolă"). În luna aprilie a aceluiaşi an, în semn de recunoaştere a meritelor sale, a fost făcut cavaler şi la scurt timp după aceea s-a căsătorit cu o văduvă înstărită din Scoţia, Jane Apreece. În 1813 a demisionat din postul de profesor la Royal Institution şi a plecat în Europa împreună cu soţia sa şi un tînăr asistent pe care şi-l luase de curînd, Michael Faraday, care avea să se remarce ulterior. În ciuda faptului că la acea dată Anglia se afla în război cu Franţa, aşa după cum remarca Davy, „niciodată nu există război între oamenii de ştiinţă", iar Napoleon a primit cu amabilitate vizita lui Davy, în timpul căreia Davy şi Faraday s-au întîlnit cu mulţi dintre savanţii de frunte de pe continent. Pentru Faraday, această călătorie a însemnat un uluitor prilej de a fi introdus în domeniile de vîrf ale ştiinţei.

Davy a devenit preşedinte al Societăţii Regale în 1820 şi a început să lucreze la găsirea unui mijloc de prevenire a coroziunii îmbrăcăminţii de cupru cu care erau protejate fundurile corăbiilor, dar s-a îmbolnăvit şi şi-a petrecut cea mai mare parte a timpului de după 1823 în Elveţia, unde a şi murit la vîrsta de 51 de ani. Acolo prestigiul său era atît de mare încît i s-au acordat funeralii de stat.

Sîntem în anul 1829, iar pentru chimie secolul abia a început, susţinut de teoria atomică a lui Dalton, noul instrument inventat de Volta şi extraordinarele descoperiri de noi elemente făcute de Davy şi alţii. Noi provocări se

profilau la orizont: găsirea unei ordini în haosul noilor elemente, continuarea căutării de noi elemente şi înţelegerea vastei jungle de molecule care se formează cu elementul carbon. În toate aceste domenii, aveau să se înregistreze progrese în curînd.

CAPITOLUL 2

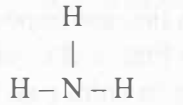
CARUSELUL COMPLEXITĂȚII ŞI ORDINII ÎN CHIMIE

În 1830, numărul elementelor cunoscute ajunsese la 54. Pe lîngă cele şase descoperite de Davy între anii 1807 şi 1808, apăruseră alte zece, printre care borul, iodul, litiul, siliciul, bromul şi aluminiul. Era evident că materia universului era alcătuită din mai mult decît „cîteva elemente simple" şi în locul consensului pe care părea să-l promită acest secol, confuzia părea să se fi înstăpînit în chimie.

Mai întîi, nimeni nu folosea aceleaşi simboluri pentru acelaşi lucru. Multe semne ciudate, misterioase au continuat să persiste, împrumutate cu mult timp în urmă de alchimişti din astrologie. Pentru aur, simbolul era un cerc cu un punct în centru, pentru argint o semilună. Simbolul pentru sulf era un triunghi cu vîrful îndreptat în sus, iar pentru antimoniu o mică coroană. Majoritatea acestor simboluri nu aveau nici o noimă pentru nimeni. Dalton propusese un sistem care folosea pentru fiecare element cîte un cerc diferenţiat într-un anume fel faţă de celelalte. Dar chiar şi asta era greu de ţinut minte. În cele din urmă, în 1826, Berzelius a venit cu ideea simplă de a folosi ca simbol prima literă a denumirii fiecărui element. O era oxigenul, N nitrogenul (azotul), S sulful şi

aşa mai departe. Cînd litera iniţială era deja ocupată, se adăuga următoarea literă distinctivă. Astfel, Calciul era Ca iar clorul Cl. Acest sistem se foloseşte şi astăzi. Unele confuzii continuau să existe între diferite limbi: chimiştii germani denumeau un element *Stickstoff*, în vreme ce francezii îl numeau *azote*, iar englezii *nitrogen*. Aşa că Berzelius a decis să folosească drept sursă denumirile latinizate, iar simbolurile au fost adoptate pe plan internaţional. Din fericire pentru vorbitorii de limbă engleză, majoritatea elementelor sînt deja cunoscute sub denumirile latinizate, cu cîteva excepţii, cum ar fi *gold* (Au de la *aurum*), *silver* (Ag de la *argentum*) şi *sodium* (Na de la *natrium*).

Friedrich Kekulé von Stradonitz a propus şi el o aranjare a simbolurilor atomice în diagrame structurale, reprezentînd aranjamentul atomilor în molecule. În sistemul lui Kekulé, apa (H_2O), de exemplu, a devenit H—O—H. La fel, cei trei atomi de hidrogen ai amoniacului (NH_3) erau grupaţi într-un triunghi în jurul singurului atom de azot.



În scurt timp structurile lui Kekulé au fost adoptate.

A rămas însă controversa cu privire la formulele atribuite chiar şi celor mai răspîndite substanţe compuse. Nimeni nu putea fi de acord cu diferitele mase atomice ale diverselor elemente şi mulţi confundau atomii cu moleculele atunci cînd scriau formulele. Chiar şi pentru un compus atît de răspîndit precum acidul acetic (oţetul), diferitele facţiuni de chimişti propuneau nu mai puţin de 19 formule diferite.

CONFERINŢA DE LA KARLSRUHE

Trebuia făcut ceva. Figura centrală a mişcării pentru o mai mare claritate era Kekulé, care a convocat prima conferinţă ştiinţifică internaţională dedicată încercării de a limpezi dezordinea din chimie. Prima Conferinţă Internaţională de Chimie a avut loc în 1860 în oraşelul german Karlsruhe, pe malul Rinului, chiar la graniţa cu Franţa. Au participat un număr de 140 de delegaţi, printre care majoritatea chimiştilor proeminenţi ai vremii.

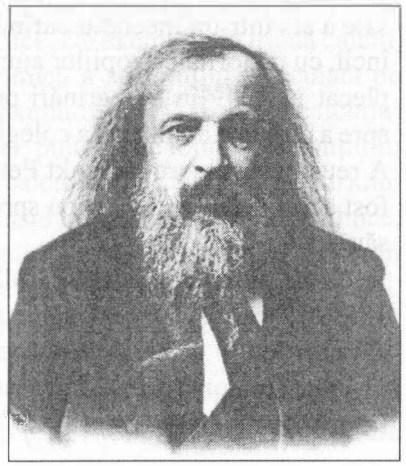
Acesta însă era un grup de savanţi încăpăţînaţi şi dogmatici, iar conferinţa a avut un început furtunos, în care nu se cădea de acord asupra nici unui subiect, cu atît mai puţin asupra maselor atomice. În acest moment a luat cuvîntul Stanislao Cannizzaro.

Cannizzaro era un individ aprig şi combativ, obişnuit cu conflictele. De fapt, în 1848 el fugise din Sicilia natală în Franţa pentru a nu fi pedepsit fiindcă luptase de partea învinşilor în insurecţia siciliană împotriva guvernării dictatoriale a Neapolelui. În Franţa el a reflectat îndelung asupra haosului care domnea în chimie şi, în 1858, a publicat un articol care readucea la lumină ipoteza lui Avogadro, la care nimeni nu se gîndise vreme de aproape cincizeci de ani – ideea că volume egale din gaze diferite (la aceeaşi temperatură) trebuie să conţină acelaşi număr de particule. El a venit la Karlsruhe pregătit cu o apărare înverşunată a masei atomice, a ipotezei lui Avogadro şi a unei distincţii clare între atomi şi molecule. Folosiţi ipoteza lui Avogadro pentru a determina masa moleculară a gazelor, a spus el; folosiţi legea Gay-Lussac de combinare a volumelor; şi folosiţi masele atomice ale lui Berzelius. Cu această combinaţie,

susţinea Cannizzaro, multe dintre probleme vor fi rezolvate. El şi-a susţinut discursul cu broşuri informative, reuşind să convingă pe unii în timpul conferinţei şi pe mulţi alţii la scurtă vreme după aceea. În special unul dintre ei avea să se întoarcă în Rusia şi să reflecteze îndelung asupra problemei.

PASIENŢA LUI MENDELEEV

Cu părul său lung fluturat de vînt, cu barba căruntă şi postura impozantă, Dmitri Mendeleev semăna mai mult cu un profet biblic decît cu un patriarh al ştiinţei în ziua în care cu propriile sale mîini a pilotat micuţa nacelă atîrnată de un balon uriaş pînă în înaltul cerului. Era în anul 1887 şi Mendeleev dorea să fotografieze o eclipsă solară din cel mai apropiat şi avantajos punct de observaţie la care se putea ajunge. Asta însemna un balon, o aeronavă pentru o singură persoană. Aşa încît, de neoprit în momentul în care i se oferea un prilej atît de favorabil, Mendeleev a zburat cu balonul, a făcut fotografiile şi a aterizat, deşi nu ştia absolut nimic despre



Dmitri Mendeleev, al cărui tabel periodic al elementelor i-a ajutat pe chimişti să vadă ordinea inerentă acolo unde părea să domnească haosul

cum se pilotează o asemenea invenție. Era un individ sclipitor, principial și curajos, care nu se temea de sceptici, negativiști, presiuni politice și nici de aeronave. Născut în Siberia, el era magicianul care cu circa 18 ani în urmă adusese ordinea în haosul elementelor descoperite pînă atunci de către chimiști. A fost în același timp primul om de știință din Rusia a cărui operă a avut un impact imediat în Europa, iar în 1955, la aproape cincizeci de ani de la moartea lui, extraordinarele sale contribuții la dezvoltarea fizicii și chimiei au primit omagiul perfect: botezarea unui element nou descoperit după numele său – mendeleeviu.

Posibil de origine mongolă dinspre partea mamei, Mendeleev (1834–1907) era mezinul unei familii extrem de numeroase, cu 16 sau 17 copii, nepot al primului editor de ziare din Siberia și fiu al unui director de liceu și al unei femei capabile care conducea o fabrică de sticlă. Dmitri a învățat primele noțiuni de știință de la un prizonier politic care fusese surghiunit în Siberia. Dar tatăl lui Mendeleev a murit cînd el era adolescent, iar fabrica de sticlă a mamei sale a ars într-un incendiu curînd după moartea soțului. Așa încît, cu majoritatea copiilor ajunși la maturitate, mama lui a plecat în 1849 în peregrinări prin marile orașe ale Rusiei spre a obține o admitere la colegiu pentru fiul ei cel mai mic. A reușit acest lucru la Sankt Petersburg, unde Mendeleev a fost admis la universitate cu sprijinul unui prieten al tatălui său.

După obținerea licenței în 1855, Mendeleev a plecat în 1859 în Franța și Germania pentru aprofundarea studiilor de chimie. Acolo a lucrat cu Robert Wilhelm Bunsen (care a inventat arzătorul Bunsen) și a participat la Prima Conferință Internațională de Chimie de la Karlsruhe. Puternicele

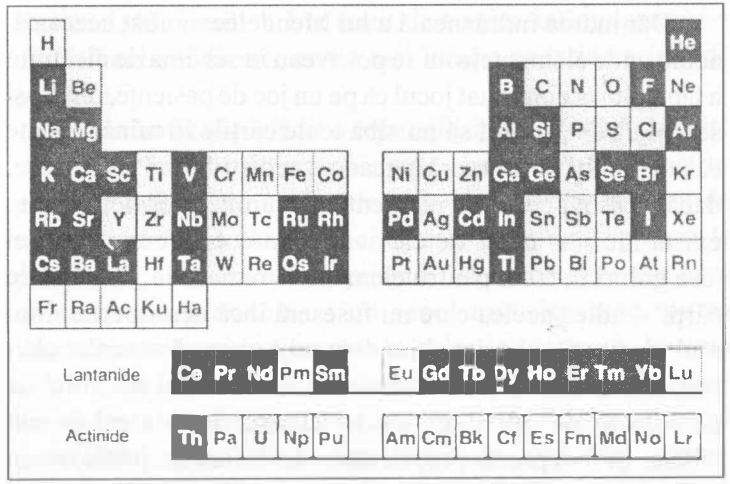
argumentații ale lui Cannizzaro în sprijinul maselor atomice au stăruit în mintea lui Mendeleev și după întoarcerea la Sankt Petersburg, unde a început să predea la universitate din 1861 și a fost numit profesor de chimie tehnică în 1866.

Unii savanți făcuseră presupunerea că valorile apropiate ale maselor atomice ar putea fi legate de similitudini ale caracteristicilor elementelor. Cobaltul și nichelul, de exemplu, au mase atomice atît de apropiate încît cei mai mulți dintre chimiștii de atunci nici nu le puteau deosebi, iar caracteristicile erau foarte asemănătoare. Dar ipoteza nu a rezistat. Luați clorul și sulful, cu mase atomice de aproximativ 35,5 și respectiv 32. Unul este un solid galben, iar celălalt un gaz verde – izbitor de diferite. Așa încît au început să caute altă relație. Pe la 1861, unii chimiști cochetau de cîțiva ani cu ideea triadelor sau a unor grupuri mici de elemente care păreau să constituie „familii", pornind de la proprietățile lor asemănătoare. Încă din 1817, Johann Wolfgang Döbereiner începuse să observe unele relații coerente între masele atomice ale anumitor grupuri de elemente similare – cu masa atomică a elementului din mijloc egală cu media aritmetică a celorlalte două mase atomice. De exemplu, în triada calciu, stronțiu și bariu, masa atomică a stronțiului (calculată pe atunci ca fiind 88) era aproximativ media maselor calciului (40) și bariului (137). La fel, punctul de topire al stronțiului (800°C) se situa între cel al calciului (851°C) și cel al bariului (710 °C). Iar calciul este considerat activ în reacțiile chimice, bariul și mai activ, iar stronțiul – între ele! Lista felurilor în care stronțiul se situa „între" calciu și bariu nu se oprea aici. Asemenea relații în cadrul triadelor intrigau, astfel că și alți savanți au aderat la această idee.

În 1864, specialistul londonez în chimie industrială John Alexander Reina Newlands (1837–1898) a fost primul care

a observat că un tabel al elementelor aranjate în ordinea maselor atomice prezenta un model repetitiv în care „al optulea element, începînd de la un element dat, este un fel de repetiție a primului, la fel ca a opta notă dintr-o octavă muzicală". El şi-a numit descoperirea „legea octavelor", dar atunci cînd şi-a anunțat ideile la o ședință a chimiştilor, practic i s-a rîs în față. De ce să nu aranjăm elementele în ordine alfabetică, pentru a vedea ce model repetitiv se obține? a întrebat sarcastic profesorul de fizică George Carey Foster. Tabelul de elemente al lui Newlands avea într-adevăr unele deficiențe, dar în realitate el recunoscuse un model util. George Carey Foster, deşi un fizician competent, este cunoscut mai ales pentru această remarcă ironică – ilustrînd faptul că o idee ştiințifică ce pare să nu ducă nicăieri astăzi poate duce mîine la noi descoperiri, iar remarcele disprețuitoare se pot întoarce împotriva celui care le-a formulat. Abia peste douăzeci de ani Societatea Regală i-a acordat lui Newlands medalia Davy pentru opera sa, care mai cuprindea şi organizarea elementelor în ordinea crescătoare a maselor atomice şi atribuirea cîte unui număr pentru fiecare în conformitate cu poziția sa în tabel.

Dar Dmitri Mendeleev a fost cel care s-a jucat cu ideea de ordine printre elemente în modul cel mai creator şi a dus-o pînă la concluziile cele mai logice. Mendeleev îndrăgea jocul de cărți numit pasiență. Aşa încît a înscris pe cărțile de joc toate elementele cunoscute, simbolurile lor, masele atomice şi proprietățile unice. Pe urmă a început să le aranjeze pe grupuri. Şi a constatat că, dacă aliniezi elementele în ordinea crescătoare a maselor atomice, caracteristici similare vor apărea din cînd în cînd, separate periodic. De exemplu, a constatat că hidrogenul (cu masa atomică 1 şi cu numărul 1



Tabelul periodic aşa cum arată astăzi. Elementele pe fond gri erau cunoscute chimiştilor la începutul secolului al XIX-lea; cele pe fond negru au fost descoperite între anii 1800 şi 1895. Elementele cele mai recent adăugate, de la americiu (Am) la lawrenciu (Lr) din seria actinidelor, şi elementele cu denumiri neoficiale kurceatoviu (Ku) şi hahniu (Ha) fac parte dintr-o serie de elemente sintetice adăugată începînd cu 1944, care extindea lista elementelor cunoscute pînă la 112. (Acest tabel, la fel ca majoritatea tabelelor, le arată doar pe cele 105 acceptate.) Vezi Anexa 2 pentru o cheie a simbolurilor

pe lista sa), fluorul (al nouălea pe listă) şi clorul (aflat în poziția a 17-a) erau separate de cîte opt spații, asemenea „octavelor" lui Newlands, şi aveau proprietăți similare. A încercat să înşire toate grupurile cu proprietăți similare pe aceleaşi coloane verticale. Şi a început să alcătuiască un tabel, în care masele atomice creşteau începînd cu colțul din stînga sus spre cel din dreapta jos, iar familiile de elemente erau aranjate pe coloane.

Dar marea îndrăzneală a lui Mendeleev a fost aceea că, acolo unde elementele nu se potriveau în schema de alcătuire a tabelului, a continuat jocul ca pe un joc de pasiențe, dîndu-și seama că era posibil să nu aibă toate cărțile în mînă – poate că unele cărți rămăseseră în teancul nedistribuit. Prin urmare, dacă o căsuță cerea un element cu anumite proprietăți și nu exista nici un astfel de element printre cele cunoscute, el lăsa goluri în tabel pentru elementele rămase în „teancul de cărți" – adică acelea care nu fuseseră încă descoperite. Mai mult decît atît, el a dat chiar denumiri unora dintre ele: eka-bor, eka-aluminiu și eka-siliciu. Eka-aluminiul era golul de pe coloana de sub aluminiu, iar eka-siliciul era cel de sub siliciu. Și le-a prezis proprietățile. Lucrarea sa, publicată în 1869, a fost tradusă imediat din rusă în germană (din punctul acesta de vedere a fost cu mult mai norocos decît oricare alt savant rus de dinaintea lui, dat fiind că lucrările rusești au rămas necunoscute pentru restul lumii ani de-a rîndul, nefiind traduse). Numai că în Europa toată lumea îl considera nebun și unii chiar îl socoteau un mistic rus.

AMPRENTE PENTRU ELEMENTE

În timp ce Mendeleev lucra la tabelul său periodic, un nou instrument minunat își făcea apariția: spectroscopul. Acesta se va dovedi util nu numai pentru chimiști, dar și pentru fizicieni și astronomi.

Ideea a apărut la începutul secolului o dată cu munca unui tînăr optician, Joseph von Fraunhofer. Fiu al unui geamgiu, a rămas orfan de la vîrsta de unsprezece ani și a devenit ucenic la un optician. Într-o zi nenorocită, întreaga clădire în care locuia s-a prăbușit și a fost singurul locatar care a supraviețuit dezastrului. Dar el era un norocos. Electorul

Bavariei, Maximilian I, a auzit de tragica întîmplare și i-a dăruit bani suficienți pentru a-și începe propria carieră de optician.

Fraunhofer și-a clădit o reputație internațională datorită calității și preciziei lucrărilor sale, iar prismele și instrumentele sale optice au fost folosite de cîțiva astronomi de marcă ai vremii. În 1814, pe cînd testa niște lentile pe care le prelucrase, s-a folosit de o prismă, dispozitiv care, așa cum demonstrase Newton cu un secol mai devreme, putea descompune lumina Soarelui în culorile spectrale. În timp ce făcea acest lucru, el a remarcat niște linii negre ciudate care păreau să puncteze spectrul solar – de fapt, a văzut cel puțin 600 de astfel de linii, unele mai late, altele mai înguste, care divizau diferite porțiuni ale spectrului. (Newton, folosind prisme mult mai rudimentar șlefuite, probabil că nu le-a observat pentru că imperfecțiunile sticlei le făcea să apară încețoșate.)

Fraunhofer știa că fiecare culoare a spectrului este corelată cu o lungime de undă unică. (Undele luminoase pot fi reprezentate ca o succesiune de creste și adîncituri, asemănător valurilor mării, iar distanța dintre două creste succesive se numește lungime de undă.) Lungimile de undă mai mici se situau spre partea roșie a spectrului, iar cele de valoare mai mare spre partea violetă a acestuia. Fraunhofer a observat poziția liniilor proeminente în spectru, le-a etichetat de la A la K (așa au rămas pînă în zilele noastre), a calculat lungimile de undă corespunzătoare și a observat că pozițiile lor în spectru rămîn mereu aceleași. Ciudatele linii negre păreau să reprezinte un fel de cod. Era cert că aveau o semnificație. A încercat să folosească diferite surse de lumină – lumina directă a Soarelui și lumina reflectată a Lunii și a

planetelor, ba chiar şi lumina stelelor. El a constatat că fiecare stea părea să lase un cod diferit, o amprentă specifică. Dar nimeni nu putea să descifreze codul, iar Fraunhofer a murit în 1826 de tuberculoză, la numai 39 de ani, fără măcar să afle semnificația „liniilor Fraunhofer", care îi poartă numele.

O jumătate de secol mai tîrziu, o echipă de fizicieni de la Universitatea din Heidelberg – Gustav Robert Kirchhoff şi Robert Wilhelm Bunsen – a construit un instrument pe care l-a denumit spectroscop, în care lumina trecea printr-o fantă îngustă înainte de a traversa o prismă. Fanta controla sursa de lumină şi, ca urmare, diferitele lungimi de undă erau etalate în mod diferit şi, vizualizate pe fondul unei scale, deveneau mult mai uşor de diferențiat şi interpretat.

Folosind arzătorul special inventat de Bunsen, care dădea o lumină proprie foarte slabă, Kirchhoff şi Bunsen au încălzit diferite substanțe chimice pînă la incandescență (temperatura la care emiteau lumină) şi au observat că fiecare substanță chimică emitea propria configurație distinctivă de linii colorate. Vaporii de sodiu, de exemplu, aduşi la incandescență, produceau o linie galbenă dublă (dublet): era amprenta sodiului. Din momentul în care amprentele spectrale ale tuturor elementelor erau cunoscute, orice minereu sau material compus – de fapt, orice substanță – putea fi încălzită, iar componentele sale puteau fi analizate în acest fel. Mai mult decît atît, spectroscopul putea obține amprentele unor cantități extraordinar de mici dintr-un element oarecare.

Kirchhoff şi Bunsen şi-au făcut publică invenția pentru prima oară la 27 octombrie 1859, iar spectroscopul, în mod inevitabil, a început să descopere noi elemente, unul după altul. Cesiul, numit astfel datorită liniei sale spectrale albastre

distinctive*, a fost descoperit la 10 mai 1860. Rubidiul, denumit după liniile roşii care îi trădează prezența**, a fost descoperit în anul următor. O nouă serie de elemente a început să-şi facă apariția.

Apoi, în 1875, chimistul francez Paul Emile Lecocq de Boisbaudran a găsit o linie spectrală, pe care nu o mai observase pînă atunci, într-o bucată de minereu de zinc din munții Pirinei. Fiind unul dintre primii care au pătruns în noul domeniu pasionant de cercetare, după căutări asidue pe parcursul a 16 ani, iată că a reuşit să descopere un nou element. L-a numit galiu, după numele latinesc al Franței (sau poate după propriul nume, căci Lecocq înseamnă în franceză „cocoş", în latină *gallus*). Cînd Mendeleev a citit descrierea noului element, a fost extrem de bucuros. Galiul avea aproape aceleaşi proprietăți ca şi cele prezise de el pentru elementul eka-aluminiu! Noul element şi-a găsit cu uşurință locul în tabelul periodic şi dintr-o dată lumea a început să-l ia mai în serios pe Mendeleev. Puternicul instrument al spectroscopiei a devenit celebru.

Un alt element, scandiul (de la Scandinavia), descoperit în 1879, s-a potrivit aproape perfect în locul lăsat de Mendeleev pentru eka-bor. Iar în 1886, cînd elementul germaniu (de la Germania) a fost descoperit, a completat locul lăsat pentru eka-siliciu. Legea de periodicitate a lui Mendeleev a fost în sfîrşit acceptată de majoritatea oamenilor. În maniera oricărui savant serios, el sesizase ordinea naturală acolo unde părea să domnească haosul.

Dar nimeni nu ştia de ce exista această ordine sau periodicitate. Pentru asta era nevoie de cunoştințe legate de

*De la latinescul *caesium*, care înseamnă albastru-cenuşiu (n.tr.).
**De la latinescul *rubid(us)*, care înseamnă roşu (n.tr.).

nucleul atomic şi de structura acestuia, iar în secolul al XIX-lea oamenii de ştiinţă nu erau încă pregătiţi să renunţe la ideea că atomii cu care lucrau erau indivizibili. Şi totuşi, după felul în care numărul de elemente creştea întruna, chimiştii păreau să fi ajuns tot mai departe de acele cîteva cărămizi constituente simple pe care porniseră să le caute. Numărul elementelor avea să depăşească în curînd cifra 90. (Iar în secolul XX, acest număr va creşte, o dată cu noile elemente create de specialiştii în chimie nucleară, pînă la 112. Şi numărătoarea continuă.)

În ultimii cinci ani ai secolului, Robert John Strutt, care a devenit celebru ca fizician sub numele de baronul Rayleigh, şi asistentul său, chimistul scoţian William (ulterior Sir William) Ramsay, au repetat un experiment efectuat pentru prima oară cu un secol în urmă de către Henry Cavendish, folosind de data asta spectroscopul. În felul acesta ei au descoperit argonul, iar în anii următori Ramsay a descoperit heliul şi, împreună cu Morris Travers, gazele inerte (complet ne-reactive) neonul, kriptonul şi xenonul. Pentru acestea nu mai rămăsese nici o căsuţă liberă în tabelul lui Mendeleev. Să fi însemnat asta prăbuşirea edificiului? Nu, răspunsul era simplu: marele jucător de cărţi siberian nu era un clarvăzător; el lăsase liberă o întreagă coloană în partea dreaptă a tabelului, şi acesta este locul unde aceste elemente sînt aşezate astăzi.

NAŞTEREA CHIMIEI ORGANICE

În timp ce Dalton, Davy şi Mendeleev reuşeau să revoluţioneze chimia anorganică, un alt domeniu, şi mai confuz, suferea o transformare importantă. În 1807, Berzelius a denumit clasa de substanţe care îşi aveau originea în lucrurile vii – organice, iar pe celelalte le-a numit anorganice.

Substanţele organice, susţinea el, funcţionează după legi total diferite faţă de rudele lor anorganice, şi par să fie extrem de diferite în multe privinţe. Majoritatea oamenilor de ştiinţă, inclusiv Berzelius, presupuneau că această diferenţă provine de la prezenţa unei aşa-zise forţe „vitale" care leagă substanţele organice de materia vie sau fostă vie în care se găseau. Şi nimeni nu reuşise să creeze un compus organic pornind de la substanţe anorganice. Iar Berzelius susţinea că nimeni nu va reuşi vreodată.

Şi iată că într-o zi a anului 1828, Friedrich Wöhler, student al lui Berzelius, lucra în laboratorul său la o problemă în legătură cu cianurile, cînd a încălzit o cantitate de cianat de amoniu. Rezultatul obţinut l-a uluit: produsese un compus care arăta exact ca ureea. Acest lucru părea extrem de improbabil, dat fiind că ureea, componentă a urinei, este principalul reziduu azotos al mamiferelor, fără îndoială de natură organică. Sceptic, Wöhler a testat substanţa pe care o obţinuse. Era uree fără doar şi poate. Iar pe 22 februarie 1828 el l-a anunţat pe Berzelius că obţinuse un compus organic dintr-un compus anorganic.

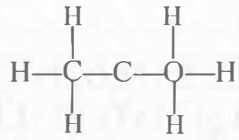
Berzelius, care nu se lăsa uşor convins, a argumentat că cianatul de amoniu poate fi considerat o substanţă organică, şi nu una anorganică. Aşa încît descoperirea lui Wöhler poate să fie cam incertă; această realizare i-a provocat însă pe alţi chimişti să încerce şi alţi compuşi anorganici şi au constatat că, de fapt, compuşii organici pot fi sintetizaţi din materiale anorganice. Apoi, în 1845, Adolph Wilhelm Hermann Kolbe a reuşit pentru prima oară să sintetizeze un compus organic (acidul acetic) direct din elemente chimice. În definitiv, poate că forţa „vitală" nici nu exista.

Dar dacă nu exista, atunci de ce a descoperit Jean-Baptiste Biot, în 1815, că atunci cînd producea acid

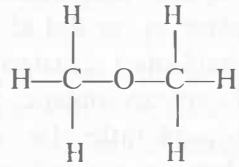
tartric în laborator, acesta nu polariza lumina (restrîngerea vibrațiilor transversale ale undelor luminoase într-o singură direcție), în vreme ce acidul tartric produs de struguri polariza lumina? Cele două loturi de acid aveau aceleași componente, în aceleași proporții, aceeași formulă chimică. Alte asemenea perechi au fost descoperite de Justus von Liebig și Wöhler între anii 1820 și 1830. Iar în 1830, Berzelius a dat numele de *izomeri* perechilor de compuși care au aceleași formule chimice, dar se comportă diferit. „Chimia organică", îi scria Wöhler, uluit, lui Berzelius în 1835, „îmi creează impresia unei păduri tropicale primordiale, plină de lucruri dintre cele mai remarcabile".

Louis Pasteur, cu care ne vom reîntîlni pe parcursul acestei cărți, a înregistrat primul succes în domeniul chimiei atunci cînd s-a ocupat de problema ciudată descoperită de Biot în legătură cu izomerii acidului tartric. Pasteur a încercat să izoleze cristale singulare ale izomerului produs în laborator și a constatat că acestea polarizau de fapt lumina. Unele polarizau într-o direcție, altele în direcție opusă. În 1844 a găsit un răspuns. Cele două tipuri de cristale își anulau reciproc acțiunile în substanța obținută în laborator, acesta fiind motivul pentru care se constata că substanța în întregul ei nu polariza lumina.

În același timp, formulele structurale ale lui Kekulé îi ajutau pe chimiști să înțeleagă ce se întîmplă în unii din acești compuși organici complecși, dintre care unii aveau legături duble și triple, pe care sistemul lui Kekulé le putea prezenta cu liniuțe duble sau triple. Izomerii puteau să aibă aceiași atomi în aceleași proporții, însă așezați în mod diferit. De exemplu, alcoolul etilic poate fi reprezentat astfel:



Iar eterul dimetilic, care are același număr de atomi de hidrogen, carbon și oxigen, poate fi reprezentat astfel:



Kekulé a arătat în 1858 că atomii de carbon se pot combina direct între ei (spre deosebire de majoritatea celorlalți atomi), formînd lanțuri lungi și complexe. De asemenea, spunea el, atomii de carbon au valența patru – cu alte cuvinte, ei se combină întotdeauna cu exact patru alți atomi. Și a afirmat răspicat că, studiind produsele obținute în urma unei reacții, se pot trage concluzii cu privire la structura unei molecule organice.

În 1861, Kekulé a publicat primul volum al manualului său de chimie organică, în care a rezolvat o controversă încîlcită și care dăinuia de multă vreme. El a definit moleculele organice pur și simplu ca fiind acelea care conțin carbon, iar pe cele anorganice ca acelea care nu conțin atomi de carbon. Nu a făcut nici o referire la problema substanțelor vii sau foste vii. A fost o lovitură dată ideii că moleculele organice ar conține cumva o „forță vitală" nedefinită și a oferit o modalitate nouă și utilă de abordare a chimiei organice.

MATERIALE EXPLOZIVE, VOPSELE, PARFUMURI ŞI MATERIALE PLASTICE: DARURI ORGANICE PENTRU INDUSTRIE

Pornind de la unele materii prime diferite precum cărbunele, apa şi aerul, mai multe ramuri lucrative ale industriei chimice au apărut în secolul al XIX-lea: materiale explozive, vopsele, parfumuri şi materiale plastice.

Primul material exploziv sintetic, nitroceluloza, a fost descoperit printr-o pură întîmplare de către Christian Schönbein în 1846. Într-o zi, pe cînd lucra în laborator, el a folosit şorţul soţiei sale pentru a şterge nişte substanţe chimice – probabil acid sulfuric şi azotic. Şorţul – ale cărui fibre de celuloză s-au combinat spectaculos cu acizii – a explodat brusc şi a dispărut. În primii ani de utilizare, nitroceluloza a provocat multe decese prin explozii premature.

O rudă a nitrocelulozei, nitroglicerina, a fost descoperită tot în 1846. Foarte volatilă şi instabilă, se folosea la construirea tunelurilor şi la demolări, uneori cu rezultate dezastruoase. S-au găsit procedee de „îmblînzire" a ambelor substanţe, astfel încît să poată fi folosite în condiţii de siguranţă, iar materialele rezultate s-au numit cordita şi, respectiv, dinamita. Utilizarea acestor materiale explozive moderne a adus transformări de amploare în construirea marilor proiecte inginereşti cum ar fi şoselele, podurile, tunelele şi digurile, precum şi în minerit.

O altă ramură a industriei chimice a fost înfiinţată dintr-o întîmplare datorită englezului William Perkin, un deceniu mai tîrziu, în 1856, o dată cu descoperirea unei vopsele pe

bază de anilină care producea culoarea mov. De fapt, el încerca să obţină chinină sintetică (folosită în tratamentul malariei), dar în scurtă vreme vopseaua de culoare mov l-a îmbogăţit. Perkin a constatat că anilina nu era disponibilă pe piaţa liberă. Aşa încît a fabricat-o din benzen, a cărui structură avea să fie în curînd descifrată de Kekulé. Colegul şi profesorul său, germanul August Wilhelm von Hofmann, a descoperit în anul următor cum se poate obţine o vopsea de culoare magenta, iar Germania a devenit în scurt timp sediul unei foarte profitabile industrii a vopselelor chimice. O substanţă cristalină de un roşu-portocaliu a fost sintetizată în Germania de Karl Graebe în 1868, urmată de indigo, sintetizat în 1880 de Adolf von Baeyer. (Ca un soi de profit colateral pentru ştiinţă, biologii au constatat nu după mult timp că unele celule vegetale şi, mai ales, animale erau mai uşor de studiat la microscop atunci cînd erau colorate cu unele dintre aceste vopsele.) Graebe a contribuit la înţelegerea structurală a moleculelor organice extinzînd inelul benzenului descifrat de Kekulé la structura naftalinei, iar Baeyer a formulat structura indigoului în 1883.

În 1875, Perkin a dat din nou lovitura producînd primul ingredient de parfum sintetizat, cumarină, iar în urma acestei descoperiri s-a născut o nouă mare industrie.

În acelaşi timp, în secolul al XIX-lea a început şi producţia de materiale sintetice, o dată cu sinteza celuloidului. Chimistul englez Alexander Parkes a fost primul care a convertit nitroceluloza explozivă într-o substanţă utilă neexplozivă (chiar dacă inflamabilă), în 1865. La scurt timp după aceea, inventatorul american John Wesley Hyatt încerca să obţină un material pentru bilele de biliard, într-o vreme cînd acestea se făceau din fildeş, şi astfel a îmbunătăţit celu-

loidul lui Parkes. Chimiștii americani și englezi au dominat domeniul materialelor plastice pînă în zilele noastre, iar în secolul XX au fost inventate foarte multe tipuri și varietăți, de la textile precum raionul, nailonul și poliesterul, la materiale plastice solide, cu proprietăți de turnare, folosite în orice, de la furnituri pentru instalații sanitare pînă la periuțe de dinți, și de la înlocuitori pentru sticlă la perdele de baie.

APUCÎND INELUL

Pentru chimia organică o altă problemă rămînea în picioare. Nimeni nu reușise să explice structura benzenului (C_6H_6), un produs al gudronului de cărbune descoperit de Michael Faraday în 1825. Desigur, chiar și fără să cunoască structura benzenului, William Perkin și alții care s-au ocupat de sinteza vopselelor au făcut progrese importante. Dar nimeni nu putea arăta cum se potriveau aceşti atomi unii cu alții într-un fel care să explice cum se combina în mod tipic această moleculă.

Pe urmă, într-una din zilele anului 1865, după cum avea să scrie ulterior Kekulé:

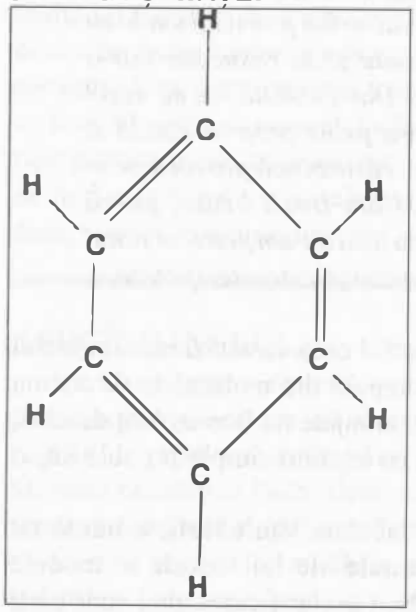
Stăteam și scriam ceva pentru manualul meu; dar nu aveam spor, pentru că gîndurile îmi zburau în altă parte. Mi-am întors fotoliul spre șemineu și am ațipit. Din nou atomii îmi dansau în fața ochilor. De data asta, grupurile mai mici se mențineau cu modestie pe fundal. Ochiul minții mele, devenit mai sensibil în urma acestor viziuni repetate, putea distinge acum structurile mai mari, alcătuite din conformații suprapuse:

șiruri lungi, uneori mai strîns potrivite unele cu altele, toate se unduiau și se răsuceau într-o mișcare șerpuitoare. Dar deodată, ce să vezi? Unul dintre șerpi și-a prins propria coadă și forma a început să se răsucească provocator în fața ochilor mei. M-am trezit brusc, parcă străfulgerat; și de data asta mi-am petrecut restul nopții elaborînd consecințele acestei ipoteze.

Kekulé a descoperit astfel ceea ce astăzi numim inelul benzenului, o moleculă compusă din moleculele de carbon și hidrogen ale benzenului aranjate nu într-un lanț deschis, ci într-un hexagon închis, cu legături simple și duble într-o oscilație rapidă.

Un chimist olandez, Jacobus Van't Hoff, a translatat multe dintre ideile structurale ale lui Kekulé în modele tridimensionale, care au slujit la clarificarea unei bune părți a chimiei organice, inclusiv a enigmei izomerilor la care lucraseră Biot și Pasteur. Ideile structurale ale lui Kekulé au adus ordine în chimia organică, acolo unde la începutul secolului domnea o confuzie incredibilă, iar datorită numeroaselor perfecționări suferite de atunci, ideile lui îi călăuzesc și astăzi pe chimiști în hățișul de sinteze și oferă un model de vizualizare a moleculelor organice și de predicție a reacțiilor acestora.

Pentru chimie, secolul al XIX-lea a reprezentat o perioadă de productivitate extraordinară. Două instrumente noi și importante, electricitatea și spectroscopia, au oferit chimiștilor modalități de manipulare și observare a materialelor și au transformat această știință în același fel în care telescopul transformase astronomia, iar microscopul – biologia. Numă-



Inelul de benzen al lui Kekulé

rul elementelor cunoscute aproape că s-a dublat. Tabelul periodic al lui Mendeleev a început să le confere o logică şi a furnizat o matrice de lucru pentru marile descoperiri care aveau să se producă atît în chimie, cît şi în fizică la graniţa dintre secole şi în prima parte a secolului XX. Naşterea chimiei organice a deschis posibilităţi industriale enorme pentru chimia aplicată, inclusiv inventarea unor vopsele şi materiale noi.

Aspectul cel mai important, de la bun început, a fost acela că naşterea (sau mai degrabă renaşterea) teoriei atomice a permis lui Dalton, Avogadro şi celor care i-au urmat să înţeleagă legile chimiei – felul cum substanţele reacţionează şi se leagă unele cu altele –, precum şi proprietăţile gazelor.

Desigur, nu toată lumea se împăca cu ideile atomismului, nici atunci cînd Dalton l-a enunţat pentru prima oară, nici mai tîrziu, la sfîrşitul secolului. Eminentul fizician Ernst Mach (1838–1916) s-a opus atomismului pînă în ziua morţii sale. Una era, spunea el, să observi că două volume de hidrogen se combină cu un volum de oxigen pentru a forma vaporii de apă şi cu totul altceva să postulezi că doi atomi de hidrogen, care nu pot fi văzuţi, se combină cu un atom invizibil de oxigen pentru a forma o moleculă de apă, care nici ea nu poate fi văzută. Dar majoritatea oamenilor de ştiinţă au recunoscut cel puţin că atomismul furniza un model excelent care, cu ajutorul notaţiilor simbolice pentru atomi şi pentru reacţiile dintre ei, a adus mai multă claritate în discuţiile despre chimie.

De asemenea, atomismul a deschis calea spre una dintre marile descoperiri ale secolului: o înţelegere a naturii căldurii şi termodinamicii, un domeniu care vreme de secole rămăsese învăluit în mister.

CAPITOLUL 3

ENERGIA INDESTRUCTIBILĂ

Două mari forțe au făcut să se învîrtească roțile și au trezit interesul în secolul al XIX-lea: aburul și electricitatea. La începutul secolului, întreaga industrie fusese transformată de motorul cu abur al lui James Watt, care a servit și ca sursă de inspirație pentru studiul energiei. Pe la mijlocul secolului, transportul a fost și el transformat, cu toate porturile principale ale Angliei legate prin căi ferate și aproape 50 000 de kilometri de linii care împînziseră continentul nord-american. Iar spre sfîrșitul secolului, electricitatea a început să lumineze lumea și să furnizeze o energie productivă pentru industrie.

Oamenii de știință care au cercetat asiduu esența acestor două mari surse de energie au scos la iveală un adevărat tezaur de idei în legătură cu natura care au alimentat dezvoltarea tehnologică a Europei Occidentale, a Marii Britanii, a Americii de Nord și a întregii lumi. Cheia, după cum descoperiseră încă din secolul trecut Joseph Black și James Watt, era înțelegerea căldurii, a naturii și comportamentului acesteia și, mai presus de toate, a termodinamicii – studiul modului în care energia termică se transformă în alte forme de energie și viceversa.

ÎNCEPUTURILE

Pentru cea mai mare parte a chimiștilor și fizicienilor din secolul al XVIII-lea, căldura era un fluid invizibil, „imponderabil" (lipsit de greutate), numit „caloric". Cînd gheața se topea, ea pierdea caloric. Cînd apa îngheța, ea cîștiga caloric printr-un fel de reacție chimică între apă și căldură. Teoria, cunoscută uneori sub numele de teoria materială a căldurii, părea să constituie o explicație potrivită. Dacă așezi un obiect fierbinte lîngă unul rece, căldura pare să curgă de la unul la celălalt, de parcă ar fi un fluid. Și, în plus, materia își mărește volumul atunci cînd este încălzită, ca și cum s-ar adăuga un fluid. Caloricul părea să aibă o logică, așa încît puțini savanți vedeau vreun motiv pentru care să se îndoiască de existența lui.

Printre cei care se îndoiau totuși s-a numărat și electorul bavarez de origine americană, contele Rumford (care plecase din America spre a evita să fie judecat pentru colaborarea cu britanicii în timpul Războiului Revoluționar). El a atras în jurul lui reprezentanți ai tinerei generații de savanți englezi de la începutul secolului al XIX-lea, printre care Humphry Davy și Thomas Young. Rumford și-a dat seama că procesul de prelucrare a țevilor de tun cu instrumente neascuțite ar trebui să producă mai puțină căldură (eliberînd mai puțin caloric) decît dacă s-ar folosi instrumente ascuțite. Instrumentele ascuțite ar trebui să elibereze mai mult caloric, deoarece ele șlefuiesc materialul mai eficient. De fapt, lucrurile stăteau exact pe dos. Căldura, a sugerat Rumford pentru a da o explicație, trebuie să fie un fel de mișcare. Nu a fost o idee repede adoptată.

Dar o dată cu zorii secolului al XIX-lea, teoria atomică a lui John Dalton a început să adauge credibilitate ideii că ar

putea exista niște particule minuscule, invizibile, capabile să se agite într-un balon umplut cu gaz, un vas cu apă sau un bloc de gheață – mișcîndu-se mai rapid la temperaturi mari și mai încet la temperaturi scăzute.

Pe aceste coordonate, o idee cunoscută sub numele de teoria cinetică (de la *kinetic,* care înseamnă produs de mișcare) fusese propusă de Daniel Bernoulli în 1738, dar pe atunci atomii și moleculele nu erau luate în serios. Cîțiva au mai încercat să o propună după Dalton, dar erau niște necunoscuți și nimeni nu le-a acordat atenție.

Între timp, savanții francezi lucrau la bazele teoretice ale motorului cu abur al lui Watt. Watt, inginer, și prietenii săi savanți din Scoția și Anglia, erau mai pragmatici, mulți dintre ei autodidacți. Francezii, cu a lor *École Polytechnique* din Paris, erau mai tari în științele teoretice, manifestînd preferință pentru teoria materială a căldurii (caloricul). Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768–1830), care a avut o puternică influență în domeniul fizicii matematice, a publicat un articol, *Théorie analytique de la chaleur* („Teoria analitică a căldurii", 1822), în care a prezentat o nouă metodă de analiză matematică și a fost primul care a stabilit fără echivoc că o ecuație științifică trebuie să conțină un set coerent de unități de măsură, idee cunoscută ca „teorema lui Fourier". El a mai examinat fluxul de căldură prin solide și o teorie a dimensiunilor pe care o sugerase Descartes. Dar pe Fourier nu îl interesa forța mecanică asociată cu căldura și, de fapt, considera că „teoriile dinamice" și „filozofia naturală" ocupă două domenii diferite și necorelate.

În Germania, în același timp, teoria cinetică a căldurii cîștiga teren. Friedrich Mohr (1806–1879), elev al chimistului Justus von Liebig, scria în 1837:

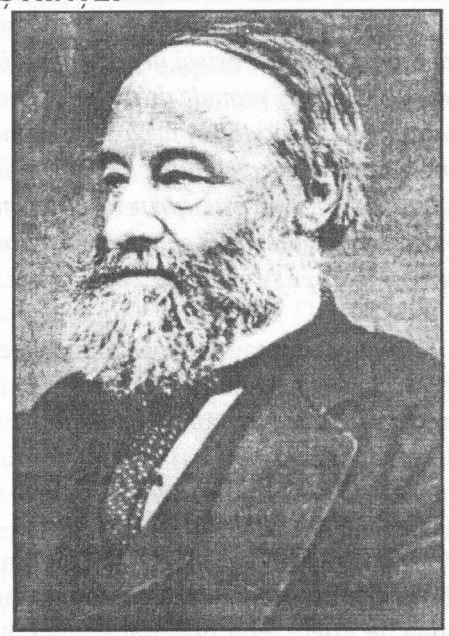
Pe lîngă cele cincizeci și patru de elemente chimice cunoscute, mai există în natură un singur alt agent care poartă numele de forță; în condiții adecvate, aceasta poate apărea sub formă de mișcare, coeziune, electricitate, lumină, căldură și magneți... Căldura este, prin urmare, nu un tip particular de materie, ci o mișcare oscilatorie a celor mai mici părți ale unui corp.

Toate aceste idei se roteau în jurul unui concept central, dar nu ajungeau să aterizeze la locul cu pricina. I-a fost dat unui experimentator avid precum James Joule să-i dea o valoare cantitativă.

MĂSURĂTOAREA LUI JOULE

James Prescott Joule (1818–1889) era un fanatic cercetător al căldurii. El măsura căldura peste tot unde se afla. Chiar și în luna de miere, el a măsurat temperatura apei în partea de sus a cascadei pe care o vizita împreună cu soția sa și a comparat-o cu temperatura apei în punctul de cădere.

Într-un experiment clasic efectuat în 1847, Joule a introdus o roată cu palete într-un rezervor cu apă, căreia i-a măsurat temperatura. Apoi a învîrtit roata o perioadă lungă de timp, obținînd o creștere lentă și gradată a temperaturii apei. Joule a măsurat cantitatea de efort efectuată de roata cu palete și creșterea de temperatură; cu alte cuvinte, a calculat cîtă energie mecanică se consuma pentru producerea unei anumite cantități de căldură, o valoare cunoscută azi ca echivalentul mecanic al căldurii. Joule a petrecut zece sau chiar mai mulți ani măsurînd căldura produsă prin orice proces care i-a trecut prin minte – mecanic, electric sau magnetic – și în orice mediu imaginabil.



James Joule

Și alții înaintea lui au încercat să propună o valoare pentru echivalentul mecanic al căldurii. Rumford a făcut-o, dar a obținut o valoare mult prea mare. Julius Robert Mayer (1814–1878) calculase și el această valoare, dar nu la fel de exact ca Joule. Valoarea obținută de Joule era cea mai bună pînă la data respectivă, și a susținut-o cu un mare număr de date experimentale. În onoarea sa, unitatea pentru lucru mecanic sau energie, egală cu 10 milioane de ergi sau cu circa un sfert de calorie, se numește joule.

Rezultatele muncii sale au condus direct la recunoașterea unui principiu fundamental cunoscut ca prima lege a termo-

dinamicii, și din acest motiv împarte adesea meritele cu omul care a formulat-o.

PRIMA LEGE

Așadar, în 1847, Hermann von Helmholtz (1820–1894) a adăugat un corolar la principiul indestructibilității materiei formulat de Lavoisier: „Natura în întregul ei posedă o cantitate de energie care nu poate fi suplimentată sau diminuată sub nici o formă". Cantitatea de energie din univers este la fel de indestructibilă ca și cantitatea de materie; materia nu poate fi creată sau distrusă, și nici energia. (Julius Robert Mayer formulase un concept de conservare a energiei în 1842, înainte de Joule și Helmholtz, dar a susținut-o cu mult mai puține dovezi experimentale față de acesta din urmă.)

Cunoscută ca prima lege a termodinamicii, această idee este uneori sintetizată în expresia: „Nu poți obține ceva din nimic". Sau, sub altă formă: dintr-o reacție nu se poate obține mai multă energie decît s-a introdus. Sau:

energia termică introdusă = energia utilă + energia pierdută.

Așa după cum vedeau lucrurile Black și Watt, o mașină termică (din care motorul cu abur al lui James Watt a fost primul exemplu reușit) poate converti energia termică înmagazinată în gaze în energie cinetică a turbinelor sau pistoanelor. Cu alte cuvinte, întrucît gazele își măresc volumul atunci cînd sînt încălzite, energia termică înmagazinată în aburi poate fi convertită în mișcare. Sursa inițială de energie într-un astfel de sistem este energia potențială chimică a combustibilului – lemn sau cărbune – folosit pentru producerea aburilor.

Hermann von Helmholtz, unul dintre fondatorii principiului conservării energiei, este cunoscut şi pentru contribuţia sa în domeniile oftalmologiei, anatomiei şi fiziologiei

Prima lege a termodinamicii este una dintre cele mai revoluționare idei din istoria științelor fizice și, conform istoricului științei A.C. Crombie, „Implicațiile sale și problemele pe care le-a ridicat au dominat fizica în perioada dintre cercetările lui Faraday și Maxwell în legătură cu electromagnetismul și introducerea teoriei cuantice de către Planck în 1900". Se va dovedi de asemenea că este necesară o extindere pentru a include laolaltă energia și materia, o dată cu apariția fizicii einsteiniene în secolul XX, cînd a devenit evident că energia poate fi uneori convertită în materie și viceversa.

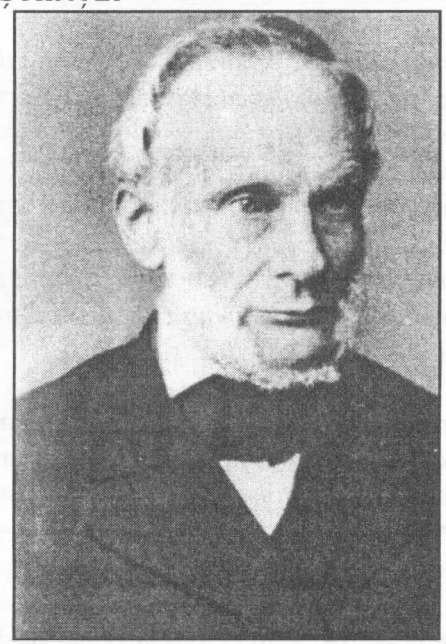
Așa cum scria James Clerk Maxwell într-un omagiu la adresa lui Helmholtz:

Pentru a aprecia valoarea ştiinţifică a micului eseu al lui Helmholtz cu privire la Conservarea Forţei, ar trebui să-i întrebăm pe cei cărora le datorăm cele mai mari descoperiri din termodinamică şi alte ramuri ale fizicii moderne de cîte ori l-au citit şi de cîte ori, în decursul propriilor cercetări, au simţit afirmaţiile importante ale lui Helmholtz acţionînd asupra minţilor lor cu o forţă irezistibilă.

În ultimii ani de viață, Helmholtz a devenit mentor al lui Max Planck (1858–1947), fondatorul teoriei cuantice, și prin intermediul lui Planck, influența lui Helmholtz va dăinui pînă în secolul XX.

A DOUA LEGE

Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832), spre deosebire de Fourier, era un inginer francez, iar abordarea sa era mult mai pragmatică. El a asemuit motorul cu abur cu o roată de apă – o analogie întrucîtva defectuoasă – și a susținut mai întîi ideea că motorul cu abur eliberează o cantitate de căldură egală cu cea primită de condensorul aflat la temperatură mai mică, și că nu se pierde nici o cantitate de căldură. Deși lucrurile nu stau așa, Carnot a făcut legătura importantă între căldura focului, presiunea aburilor și mișcarea (sau lucrul) mecanic al motorului. El și-a dat seama că energia utilă a unui motor depinde de diferența dintre temperatura înaltă a boilerului și temperatura scăzută a condensorului, precum și de cantitatea de căldură schimbată între acestea. Și a mai făcut presupunerea că energia totală a universului este constantă și se schimbă doar dintr-o formă în alta. Din

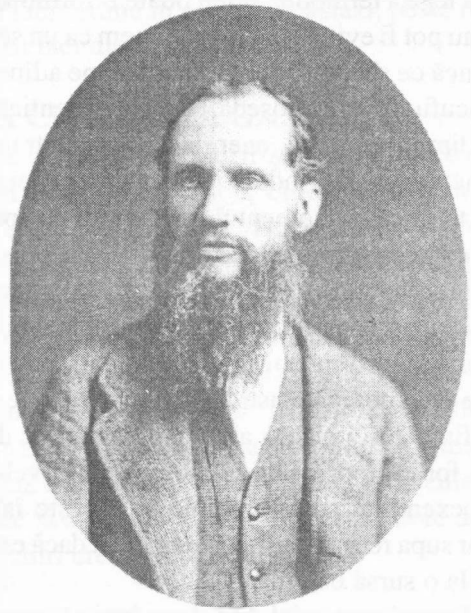


Rudolf Clausius, care, alături de lordul Kelvin, este considerat cofondator al celei de-a doua legi a termodinamicii

nefericire, Carnot a murit de holeră la 36 de ani, fără să aibă şansa de a-şi dezvolta ideile. Acestea au fost publicate în 1824 în singura sa lucrare, *Despre puterea motrice a focului*, care a avut o influență considerabilă asupra celor care i-au urmat.

Fizicianul german Rudolf Clausius (1822–1888) nu era un experimentator, dar avea marele talent de a interpreta şi analiza matematic rezultatele obținute de alți oameni de știință. Căldura nu poate trece în mod natural de la un corp la un altul aflat la o temperatură mai mare – aceasta a fost concluzia

C6 Istoria științei 1 2 3 4
6



William Thomson, Lord Kelvin

la care a ajuns Clausius în 1850. Considerată a fi o altă descoperire importantă a secolului al XIX-lea în fizică, formularea lui a devenit cunoscută ca a doua lege a termodinamicii.

Irlandezul William Thomson (1824–1907) a devenit cunoscut ca lordul Kelvin al ținutului Largs din Scoția şi este amintit adeseori sub ambele nume. Pe lîngă contribuția la teoria dinamică a căldurii, el a sintetizat ideile lui Carnot şi Joule într-un articol publicat în 1851 cu privire la convertibilitatea căldurii în energie mecanică, şi aceasta o versiune a celei de-a doua legi a termodinamicii. Pentru această contribuție i se atribuie uneori meritul, alături de Clausius, de a fi descoperit acest principiu fundamental.

A doua lege a termodinamicii poate fi formulată simplu: pierderile nu pot fi evitate. Să presupunem că un scufundător stă pe o stîncă ce se înalță deasupra unei ape adînci. În acest moment, scufundătorul posedă energie potențială gravitațională. În timpul săriturii, energia aceasta se transformă în energie cinetică, iar, la rîndul ei se transferă apei sub formă de energie termică în momentul impactului cu apa. Trebuie menționat că acest proces nu se produce în sens invers în mod spontan (cel puțin nu în condiții normale); transformările energetice au un sens preferențial. Deşi ar fi posibil să vedem scufundătorul sărind înapoi în vîrful stîncii, pentru aceasta ar fi nevoie de o coardă elastică, de un arc ori de o macara. Altfel, scufundătorul nostru ar fi nevoit să urce din nou pe stîncă prin forțe proprii sau cu ajutorul unui vehicul. Sau, într-un alt exemplu, supa fierbinte se răcește întotdeauna spontan, dar supa rece nu se încălzește decît dacă este aplicată căldură de la o sursă externă.

O altă formulare a celei de-a doua legi a termodinamicii spune că într-un sistem închis – care nu are nici o sursă externă de energie – entropia crește. Entropia este o măsură a dezordinii unui sistem: cu cît este mai mare dezordinea, cu atît entropia este mai mare. Şi, întrucît entropia tinde să crească, energia termică nu curge de la un corp mai rece la unul mai cald (moleculele şi atomii sînt mai ordonați în solidele mai reci decît în lichidele şi gazele mai calde) şi, în general, procesele naturale evoluează în sensul unei dezordini mai mari.

La un anumit nivel, aceasta înseamnă că, fără energia de la Soare, viața pe Pămînt ar înceta să existe. În cele din urmă, Soarele şi, posibil, întregul univers, îşi vor epuiza resursele şi se vor stinge încet. Sau, într-o altă formulare, oricît te-ai

strădui să faci ordine în camera ta astăzi, peste o săptămînă va trebui să faci din nou ordine.

TEORIA CINETICĂ A GAZELOR

Teoria calorică a căldurii şi-a găsit în cele din urmă sfîrşitul în jurul anului 1860, cînd James Clerk Maxwell (1830–1879) şi Ludwig Boltzmann (1844–1906), independent unul față de celălalt, au folosit o serie de ecuații pentru a descrie comportamentul gazelor într-o manieră mai completă decît o făcuse oricine înaintea lor. Temperatura unui gaz, spunea Maxwell, nu reflectă uniform viteza de mişcare a tuturor moleculelor unui gaz. În schimb, ea reflectă media statistică a mişcării lor, în toate direcțiile şi cu toate vitezele. Cînd un gaz este încălzit, a explicat el, moleculele se mişcă mai repede şi se ciocnesc mai frecvent unele de altele, iar aceste ciocniri cresc presiunea gazului.

DEMONUL LUI MAXWELL

În 1871, Maxwell a inventat un personaj minuscul – care a ajuns să fie cunoscut ca demonul lui Maxwell – pentru a ilustra natura statistică deopotrivă a entropiei şi a teoriei sale cinetice a căldurii în gaze. Să ne imaginăm un gaz distribuit uniform în ambele încăperi ale unei clădiri cu două camere. Nu există decît o singură uşă glisantă între cele două încăperi. Potrivit teoriei cinetice a lui Maxwell, unele dintre moleculele de gaz din ambele camere se mişcă mai încet, în vreme ce altele se mişcă mai rapid. Cînd moleculele trec prin apropierea lui, demonul le înşfacă pe cele mai lente şi le duce în cealaltă încăpere. De acolo, el prinde moleculele mai rapide şi le trimite prin deschizătură în prima cameră. În acest fel, în cele din urmă, o cameră se umple cu molecule reci (lente),

iar cealaltă cu molecule calde (rapide). Dacă un asemenea demon ar exista (lucru, evident, imposibil), s-ar putea încălzi o cameră fără a se consuma nici un pic de energie.

De la teoria calorică a secolului al XVIII-lea, fizica a parcurs o cale lungă în mai puțin de 70 de ani de studiu al naturii căldurii și al interrelațiilor acesteia cu alte forme de energie. Bazîndu-se pe forța teoriei atomice și prin folosirea matematicii, a modelelor și a experimentelor adecvate, oamenii de știință au descoperit două principii fundamentale care au înlesnit o mult mai bună înțelegere a funcționării termodinamicii.

MARILE MOMENTE ALE TERMODINAMICII

1822	Jean-Baptiste Joseph Fourier publică ecuația fluxului de căldură
1824	Teorema lui Nicolas Léonard Sadi Carnot devine baza pentru formulările independente ale celei de-a doua legi a termodinamicii de către Clausius și Kelvin
1847	James Prescott Joule stabilește experimental teoria mecanică a căldurii („echivalentul mecanic al căldurii")
1847	Hermann von Helmholtz formulează prima lege a termodinamicii (legea conservării energiei)
1850–51	Rudolf Clausius și William Thomson (lordul Kelvin) formulează a doua lege a termodinamicii

cca 1860–70	James Clerk Maxwell și Ludwig Boltzmann elaborează independent teoria cinetică a gazelor
1871	Demonul lui Maxwell este prezentat în lucrarea sa *Theory of Heat* („Teoria căldurii")

CAPITOLUL 4

MAGNETISM, ELECTRICITATE ŞI LUMINĂ

Întreaga Europă făcea experienţe cu curentul electric în 1819, an în care Hans Christian Oersted a început să predea fizica la Universitatea din Copenhaga. Iar Oersted nu făcea excepţie. Într-o demonstraţie de la o oră de curs, a luat un cablu prin care trecea curent electric şi l-a adus aproape de acul unei busole. De o bună bucată de vreme se bănuia că ar exista o relaţie între electricitate şi magnetism. Iar Oersted a presupus probabil că magnetul şi curentul electric vor avea un efect oarecare unul asupra celuilalt. Şi a avut dreptate.

Reacţionînd brusc, acul busolei s-a rotit nu în direcţia curentului, care era generat constant de celula voltaică a lui Oersted, ci într-o poziţie perpendiculară pe direcţia curentului. Oersted a inversat sensul curentului. Acul busolei s-a rotit din nou, de data asta în direcţie opusă, şi tot perpendicular pe direcţia curentului.

Oersted a demonstrat astfel pentru prima oară, în faţa studenţilor săi, că între electricitate şi magnetism există o legătură şi a deschis poarta către un nou domeniu de studiu:

electromagnetismul. El avea să se dovedească cel mai productiv domeniu de studiu în secolul al XIX-lea.

UN MISTER ANTIC

Studiul electricităţii şi al magnetismului data încă de pe vremea lui William Gilbert of Colchester (1544–1603), în secolul al XVI-lea. În vreme ce grecii din antichitate ştiau despre proprietăţile magnetice ale chihlimbarului, Gilbert a arătat că multe alte substanţe pot fi magnetizate – sulful, sticla, fierul – şi a fost primul care a folosit termenii *forţă*

În lucrarea De Magnete, *publicată în 1600, William Gilbert explorează natura magnetismului. În această ilustraţie reprodusă din carte, un fierar magnetizează o bucată de fier incandescent prin forjare, cu capetele arătînd spre nord (*septentrio*) şi sud (*auster*).*

electrică, atracție electrică și *pol magnetic*. Considerat adesea drept fondatorul studiului electricității, el și-a descris cercetările în cartea *De Magnete*, publicată în 1600.

În secolul al XVII-lea, Otto von Guericke a construit o mașină care putea genera electricitate statică, iar în 1745 Pieter van Musschenbroek (1692–1761) și Ewald von Kleist (1700–1748) au descoperit independent principiul buteliei de Leyda, în care se puteau acumula sarcini electrice statice. O dată cu butelia de Leyda, interesul științific (precum și cel popular) față de electricitate a crescut, iar Benjamin Franklin (1706–1790) a făcut ample cercetări explorînd natura polarității pozitive și negative a acesteia, legătura ei cu magnetismul, capacitatea sa de a topi metale și așa mai departe. El a mai demonstrat, prin celebrul său experiment cu zmeul de hîrtie, că fulgerul este o descărcare electrică.

Totuși, abia după inventarea de către Volta a celulei voltaice (vezi Capitolul I) a devenit posibil să se creeze o sursă continuă și constantă de electricitate. Pînă atunci, toate sursele de electricitate fuseseră statice. Înainte de Volta, electricitatea putea fi înmagazinată, dar nu putea fi eliberată decît printr-o singură (și adeseori puternică) descărcare.

În orice caz, marile descoperiri legate de electricitate aveau să vină abia în secolul al XIX-lea. Nu numai că electricitatea, o dată stăpînită, va schimba viața oamenilor, dar, pornind de la o nouă înțelegere a electricității, a magnetismului și a relației dintre ele, se vor naște noi și solide teorii care vor transforma gîndirea oamenilor în privința universului. Primii pași gigantici în această direcție au fost făcuți de tînărul Michael Faraday.

Michael Faraday

FARADAY, MARELE EXPERIMENTATOR

Unul din cei zece copii ai unui fierar din Anglia, Michael Faraday (1790–1867) și-a început viața fără vreo speranță de a ajunge să învețe la școală mai mult decît să scrie și să citească, cu atît mai puțin să obțină o diplomă universitară. La vîrsta de 12 ani a început să muncească pentru a-și plăti partea sa de chirie și școala s-a terminat pentru el. Dar unii oameni au o minte atît de curioasă încît nimic nu-i poate opri să încerce să afle din ce este alcătuită lumea, sau de ce oamenii acționează într-un anume fel, ori ce face lucrurile să funcționeze. Iar Michael Faraday avea una dintre acele

minți animate de o curiozitate neobosită. A mai avut şi un dram de noroc: şi-a găsit o slujbă ca ucenic la un legător de cărți şi, în timp ce lega exteriorul cărților, devora lacom cuvintele din interior. A citit articolele despre electricitate din *Enciclopaedia Britannica* şi din *Elementele de chimie* a lui Lavoisier. A mai citit (şi legat) o carte intitulată *Conversations on Chemistry* („Conversații despre chimie") de Doamna Marcet, soția unui doctor elvețian, ale cărei lucrări de popularizare a științei erau citite de multă lume în 1809, cînd a fost publicată cartea.

Apoi, în calea lui Faraday a mai ieşit o dată norocul. Un client al legătorului de cărți i-a dat tînărului Faraday bilete de intrare la patru conferințe ținute de Humphry Davy la Royal Institution. Faraday a fost entuziasmat şi şi-a făcut însemnări scrupuloase la toate cele patru conferințe, pe care mai tîrziu le-a legat şi i le-a trimis lui Davy, alături de o cerere de angajare ca asistent la institut. Cîteva luni mai tîrziu, cînd s-a ivit o posibilitate, Davy i-a oferit postul lui Faraday. „Lasă-l să spele sticlăria", a spus unul dintre colegii lui Davy. „Dacă e ceva de capul lui, va accepta slujba, dacă refuză, nu e bun de nimic." Deşi salariul era mai mic decît cel de la legătorie, Faraday a acceptat oferta fără să stea pe gînduri.

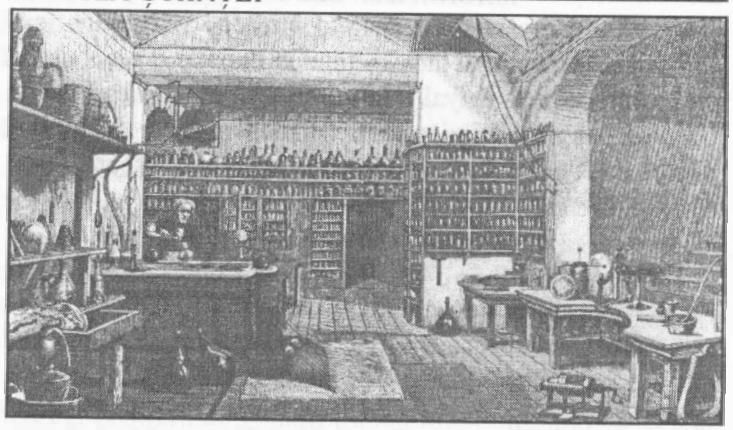
La puțin timp după aceea, în 1813, Davy a plecat într-o călătorie în Europa, luîndu-l pe Faraday ca secretar şi asistent ştiințific. Deşi soția lui Davy îl trata ca pe un servitor, tînărul nu s-a plîns niciodată, profitînd în schimb de prilejurile ivite pentru a cunoaşte personalități marcante ale științei, printre care Volta, Ampère, Gay-Lussac, Arago, Humboldt şi Cuvier. În timp ce călătoreau de la un laborator la altul pe tot întinsul Europei, efectuînd experiențe şi participînd la conferințe, Faraday a primit educația de care nu avusese parte pînă atunci.

La întoarcerea în țară, în 1815, Faraday a devenit oficial asistent la laborator şi la colecția de minerale şi responsabil cu aparatura de la Royal Institution. Era mîna dreaptă a lui Davy în laborator, îndemînatic, expert şi devotat, lucrînd adesea de la nouă dimineața pînă la unsprezece seara. După cîteva luni a primit o mărire de salariu de 100 de lire sterline pe an şi a rămas cu acest salariu pînă în 1853.

Cînd a citit despre experiențele lui Oersted din 1820, Faraday – ca şi întreaga comunitate ştiințifică de altfel – a fost foarte entuziasmat. Busola lui Oersted arătase că curentul electric nu străbătea cablul de la un capăt la altul în linie dreaptă, aşa cum crezuse toată lumea, ci se rotea în jurul cablului. Alte demonstrații datorate lui André Marie Ampère, la Paris, au coroborat această idee. Ampère arătase că dacă două cabluri electrice sînt aliniate în paralel, unul dintre ele fiind îndeajuns de puțin întins ca să se mişte liber, atunci cînd curentul din ambele fire circulă în aceeaşi direcție, firele se atrag reciproc, iar cînd curentul circulă în direcții opuse, firele se resping.

Faraday a conceput el însuşi un experiment simplu. În septembrie 1821, el a demonstrat „rotația electromagnetică", arătînd că un fir poate fi făcut să se mişte în jurul unui magnet fix prin folosirea curentului electric şi că un magnet poate fi făcut să se mişte în jurul unui fir fix. A fost primul motor electric primitiv.

Din nefericire, Davy s-a supărat pe Faraday din pricina acestui experiment, susținînd că acesta auzise o discuție între Davy şi William Wollaston care avusese ca subiect un experiment similar. Faraday a recunoscut că era posibil să fi avut un punct de plecare în discuția aceea, dar aparatul lui era substanțial diferit – atît Wollaston, cît şi istoria par să fie de acord asupra acestui punct.



Faraday în laboratorul său de la Royal Institution

În orice caz, este vorba probabil de cea mai puțin importantă dintre descoperirile lui Faraday. El se afla în preajma unei cuceriri mult mai mari. În 1822, Faraday își nota în carnet: „Convertirea magnetismului în electricitate". Oersted folosise electricitatea pentru a crea magnetism (acul busolei reacționează la forțe magnetice); nu s-ar putea să aibă loc și procesul invers? Pornind de la ideile deja formulate în parte de Ampère și de un alt fizician, William Sturgeon, Faraday a început cu un inel de fier, înfășurînd o bobină din sîrmă pe un segment al acestuia. Putea introduce curent electric în bobină închizînd un circuit cu o cheie. Apoi a înfășurat un alt segment al inelului cu sîrmă și a conectat-o la un galvanometru. Curentul din prima bobină, s-a gîndit el, ar putea genera un curent în a doua bobină. Galvanometrul avea să măsoare prezența celui de-al doilea curent și să vorbească de la sine.

Această idee s-a confirmat – a fost primul transformator –, dar rezultatele conțineau o surpriză. În ciuda forței magne-

tice constante stabilite în inelul de fier, în cea de-a doua bobină nu a fost generat un curent electric constant. În loc de asta, un puls de curent parcurgea a doua bobină atunci cînd Faraday închidea circuitul – cu un salt semnalat de galvanometru. Apoi, cînd deschidea circuitul, apărea un alt puls de curent, marcat de un nou salt al galvanometrului.

Întrucît Faraday nu știa deloc matematică (fiindcă nu frecventase nici o școală), pentru a explica fenomenul a folosit o metodă de vizualizare – și astfel i-a venit ideea liniilor de forță magnetică. El a observat că dacă se presară pilitură de fier pe hîrtie și se ține deasupra unui magnet puternic, scuturînd-o ușor, pilitura se va aranja după un model distinct, de-a lungul a ceea ce Faraday a conchis că sînt liniile de forță ale magnetului. El a conceput ideea că un curent electric formează un fel de cîmp magnetic care radiază în toate direcțiile pornind de la sursă. Cînd a închis circuitul din experimentul său, liniile de forță radiau spre exterior, dar a doua bobină de sîrmă era străbătută transversal de ele. Cînd acest lucru s-a întîmplat, un curent a fost indus în cea de-a doua bobină. Apoi, cînd a deschis circuitul, liniile de forță „s-au prăbușit" și, din nou, a doua bobină s-a aflat transversal pe ele și un curent a fost indus. El a observat că poate calcula ce configurație au liniile de forță pentru o bară magnetică, pentru un magnet sferic precum Pămîntul sau pentru un fir electric. Și pentru prima oară de cînd Galilei și Newton concepuseră universul mecanicist, acum căpăta contur o modalitate nouă și chiar mai productivă de cercetare a universului – teoria cîmpului.

În timpul uneia dintre numeroasele și extraordinar de populare conferințe pe care le susținea acum la Royal Institution, în 1831, Faraday a demonstrat altfel existența

liniilor de forță. A luat o bobină de sîrmă şi a mişcat un magnet în interiorul bobinei. Acul galvanometrului la care era ataşată bobina s-a mişcat şi s-a oprit atunci cînd mişcarea magnetului a încetat. Cînd a scos magnetul din bobină, galvanometrul a sesizat din nou mişcarea. Rotirea magnetului în interiorul bobinei a provocat apariția unui curent înregistrat de galvanometru, la fel ca şi mişcarea bobinei peste magnetul fix. Dar dacă lăsa magnetul să stea nemişcat în interiorul bobinei, galvanometrul nu înregistra nimic, ceea ce însemna că nu se producea nici un curent. Faraday a descoperit astfel principiul inducției electromagnetice. Cu alte cuvinte, el a constatat că se poate produce curent electric prin combinarea mişcării mecanice cu magnetismul. Acesta era principiul de bază al generatorului electric sau al dinamului. (Un alt fizician, Joseph Henry, din Statele Unite de data asta, obținuse şi el o excelentă demonstrație a aceleiaşi idei, dar o lăsase deoparte, fără să o publice. În consecință, Faraday, care nu şi-a pierdut niciodată concentrarea şi şi-a continuat munca cu o perseverență ieşită din comun, a fost creditat pentru această descoperire, lucru recunoscut şi de Henry.)

Bineînțeles, următorul pas al lui Faraday a fost să construiască un generator care să constituie o sursă de electricitate continuă în locul varietății în salturi pe care o indusese în experimentul său. El a realizat acest lucru aranjînd o roată de cupru astfel încît marginea ei să se mişte printre polii unui magnet permanent. Atîta timp cît roata se învîrtea, un curent electric era generat în ea, curent care putea fi dirijat şi pus la treabă. Adăugînd la dispozitiv o roată de apă sau un motor cu abur care să învîrtească roata de cupru, energia cinetică a căderii de apă sau energia de combustie a combustibilului ars putea fi transformată în energie electrică. Generatoarele electrice de astăzi nu seamănă prea mult cu

modelul original al lui Faraday; a fost nevoie de circa cincizeci de ani pînă să se ajungă la modelul din zilele noastre, dar a fost fără doar şi poate cea mai importantă descoperire electrică făcută vreodată.

Încă din copilărie, Faraday era profund convins de interconexiunea şi unitatea forțelor şi fenomenelor naturale, şi şi-a dat seama că această teorie a cîmpului, pe care a publicat-o pentru prima oară în 1844, ca şi explorările cu privire la relațiile dintre magnetism, electricitate şi mişcare au contribuit la această viziune. În paragraful de început al articolului său „Despre magnetizarea luminii şi iluminarea liniilor de forță magnetică", citit în fața Societății Regale la 5 noiembrie 1845, el scria:

> *De multă vreme sînt adeptul unei opinii, care a devenit aproape o convingere, comună, cred, şi altor iubitori ai ştiințelor naturale, şi anume că diferitele forme sub care se manifestă forțele materiei au o origine comună; sau, cu alte cuvinte, ele sînt atît de direct înrudite şi reciproc dependente, încît sînt convertibile una în cealaltă şi posedă echivalente ale energiei în acțiunea lor.*

La început, nu mulți au fost aceia care au luat în serios teoria cîmpului a lui Faraday, dar în multe privințe, credința sa în unitatea fundamentală a naturii a fost „răzbunată" de opera lui Joule, Thomson, Helmholtz, Clausius şi Maxwell în următoarele decenii.

Între timp, relația dintre Faraday şi Davy a continuat să se deterioreze. O dată cu trecerea timpului, Davy trebuie să-şi

fi dat seama că Faraday îl depăşea şi a început să fie gelos pe succesele acestuia. Cînd Faraday a fost propus pentru a fi admis în Societatea Regală, Davy s-a opus. Dar Faraday a fost admis ca membru în 1824, în pofida singurului vot împotrivă din partea lui Davy. În 1825, Faraday a devenit director al laboratorului, iar în 1833 a devenit profesor de chimie la Royal Institution. Fiind un om blînd şi evlavios, care prefera să-şi petreacă timpul în laborator sau acasă, în compania soției sale, Sarah Barnard, Faraday nu a răspuns niciodată la comportamentul reprobabil al lui Davy. Aşa după cum l-a descris succesorul lui la Royal Institution, John Tyndall, Faraday „era o fire iritabilă şi aprigă; dar, printr-o nemaipomenită auto-disciplinare, îşi convertise focul într-un miez incandescent central şi în putere motoare a vieții, în loc să îngăduie să se irosească în pasiuni inutile".

Lui Faraday, marele experimentator, îi sîntem foarte îndatorați. Aşa cum spunea Ernest Rutherford în 1931:

> *Cu cît studiem mai mult opera lui Faraday din perspectiva timpului, cu atît sîntem mai impresionați de geniul său fără egal de experimentator şi filozof natural. Cînd ne gîndim la amploarea descoperirilor sale şi la influența lor asupra progresului în ştiință şi industrie, nu există omagiu prea mare pe care să-l aducem memoriei lui Michael Faraday – unul dintre cei mai mari descoperitori ai tuturor timpurilor.*

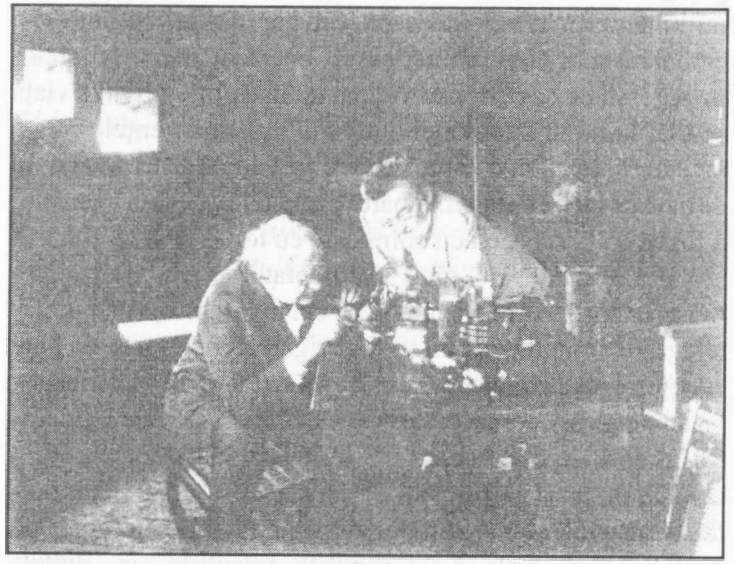
THOMAS ALVA EDISON (1847–1931)

Pe Thomas Edison nu îl interesa ştiința. Şi nici nu-i păsa prea mult de natura electricității – asta era o problemă pe care trebuia s-o rezolve oamenii de ştiință. Ce dorea el era să o îmblînzească şi să o facă să sară prin cercuri. Voia s-o pună la muncă. Munca a reprezentat o componentă esențială a vieții lui Eidson. Născut în Ohio într-o familie săracă, Edison a fost retras de la şcoală de către mama sa la vîrsta de 12 ani şi şi-a găsit de lucru ca vînzător de ziare într-un tren din Michigan. Nemulțumit doar cu această ocupație, a început să-şi publice propriul ziar la bordul trenului care îşi ducea pasagerii între Port Huron şi Detroit. Însă, întrucît ziarele nu-l interesau în mod deosebit, din banii astfel obținuți şi-a cumpărat substanțe chimice şi şi-a amenajat un mic laborator în vagonul de bagaje. Activitatea lui în chimie a avut o viață scurtă, luînd sfîrşit atunci cînd una din experiențele sale a avut drept rezultat o explozie care aproape a distrus vagonul de bagaje, astfel că la următoarea stație tînărul experimentator a fost dat jos din tren cu chimicale cu tot.

În 1862, interesul său s-a îndreptat asupra noului domeniu al telegrafiei, iar reputația de cel mai rapid şi mai precis telegrafist din țară i-a înlesnit cîştigarea unor sume de bani suficiente pentru a începe să colecționeze cărți de electricitate, printre care şi operele complete ale lui Faraday. Următoarea lui întreprindere îl găseşte în 1869 la New York, unde a oferit unei firme mari de pe Wall Street prima sa invenție importantă: un telegraf înregistrator automat. El voia să ceară 5000 de dolari, dar înainte să-şi formuleze pretențiile, preşedintele firmei i-a spus că nu-i poate oferi mai mult de 40 000 de dolari pentru aparat! Edison a acceptat oferta şi astfel, la 23

de ani, era solid ancorat în afacerile cu invenții, avînd propria firmă de ingineri consultanți.

Edison lucra de obicei cîte douăzeci de ore pe zi şi pe la 1876 domeniile sale de interes s-au lărgit pînă într-atît încît a înființat un laborator de cercetare în Menlo Park, New Jersey. Şi acolo a înflorit adevăratul său geniu. În scurt timp, din aşa-numita sa fabrică de invenții, prima instituție de cercetare privată din lume dotată cu tot ce era necesar, a început să curgă un şir constant de invenții. Lucrînd cu o echipă de ingineri (care număra peste 80 de specialişti în perioadele de vîrf), „Vrăjitorul din Menlo Park" a brevetat peste 1300 de invenții pînă la sfîrşitul vieții. Nu întotdeauna cel mai



Thomas Alva Edison (stînga) în laboratorul său. (Împreună cu el se află inginerul electrotehnist germano-american Charles Steinmetz)

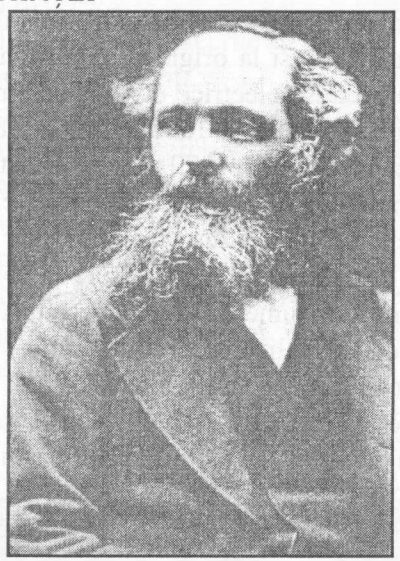
plăcut dintre oameni, aspru cu prietenii şi nemilos cu concurența, el s-a aflat totuşi la originea unui număr uluitor de invenții şi de produse electrice care au schimbat stilul de viață al omenirii – inclusiv fonograful, în 1877, şi becul electric cu incandescență în 1879. În anul următor, a iluminat strada principală din Menlo Park cu becuri electrice, spre stupefacția reporterilor din întreaga lume. Iar în 1881, la o adresă de pe Pearl Street din New York, a construit prima centrală electrică din lume. În ultimul deceniu al secolului al XIX-lea a început realizarea primului film comercial din America, folosind procedeul Kinetoscope, şi a început să prezinte filme, care la data aceea puteau fi văzute doar de cîte o singură persoană, cu ajutorul unei maşini, la „Salonul Kinetoscope" din New York în 1894.

În 1960, Edison a fost ales în Hall of Fame for Great Americans, un omagiu adus nu numai principalelor sale invenții, ci şi celorlalte cîteva sute, mai mari sau mai mici, care, după cum se spunea în alocuțiunea rostită în Congresul Statelor Unite, au „revoluționat pentru totdeauna civilizația".

TEORETICIANUL SCOȚIAN

James Clerk Maxwell s-a născut în 1831, anul în care Michael Faraday a făcut cea mai importantă descoperire a sa – inducția electromagnetică. În copilărie, Maxwell era atît de bun la matematică încît părea că nu-i întreg la minte: colegii lui de clasă îl porecliseră Daffy*. La vîrsta de cincisprezece ani a trimis Societății Regale din Edinburgh un articol privind desenarea curbelor ovale, care era atît de impresionant încît mulți membri ai societății au crezut că nu putea fi scris de

* Caraghios, cretin, nebun (n.tr.).



James Clerk Maxwell, a cărui teorie electromagnetică a transformat studiul fizicii

cineva atît de tînăr. Înainte de a împlini treizeci şi cinci de ani, Maxwell explicase deja natura probabilă a inelelor lui Saturn (1857), în legătură cu care a avut dreptate, şi a elaborat, independent de Ludwig Boltzmann, teoria cinetică a gazelor (1859–1860).

Întotdeauna l-a intrigat însă opera lui Faraday. În decembrie 1855 şi în februarie 1856, ca membru în vîrstă de 24 de ani al Trinity College din Cambridge, Maxwell a prezentat un articol extraordinar intitulat „Liniile de forţă ale lui Faraday". Pentru ca între 1864 şi 1873, Maxwell să se folosească de extraordinarul său talent matematic pentru a prelucra speculaţiile lui Faraday cu privire la liniile de forţă

electromagnetică, asigurîndu-le justificarea teoretică de care aveau nevoie.

În acest proces, Maxwell a calculat o serie de ecuaţii simple care descriau toate observaţiile referitoare la magnetism şi electricitate şi ilustrau că cele două forţe erau în mod indisolubil legate între ele. Această operă monumentală, cunoscută ca teoria electromagnetică, a demonstrat că magnetismul şi electricitatea nu pot exista separat.

Sprijinind teoria cîmpului formulată de Faraday, Maxwell a demonstrat că un cîmp electromagnetic este, de fapt, creat de oscilaţiile unui curent electric.

Acest cîmp, a precizat el, radiază spre exterior pornind de la sursă cu o viteză constantă. Viteza constantă poate fi obţinută calculînd raportul dintre anumite unităţi magnetice şi anumite unităţi electrice şi se ajunge la o valoare aproximativă de 186 282 mile pe secundă (299 820,8 km/s). Lumina se deplasează cu o viteză de 186 282 mile pe secundă (299 791,8 km/s) – o coincidenţă mult prea uluitoare, a considerat Maxwell, pentru a fi întîmplătoare. De aici a ajuns la concluzia că lumina însăşi trebuie să fie o sarcină electrică oscilatorie. Lumina, a conchis el, este o radiaţie electromagnetică! Nu a reuşit să demonstreze acest lucru, dar părea să fie o intuiţie puternică – iar intuiţia sa va fi demonstrată o generaţie mai tîrziu.

Dar Maxwell a mers mai departe, postulînd că lumina este doar una dintr-o mare familie de radiaţii provocate de sarcinile oscilante cu diferite viteze. (Existau deja dovezi că ar fi posibil să existe mai mult decît putem vedea: William Herschel descoperise în 1800 lumina infraroşie, invizibilă cu ochiul liber. Johann Ritter descoperise în 1801 lumina ultraviolet, şi ea invizibilă, la celălalt capăt al spectrului.)

Maxwell şi-a publicat *Tratatul de electricitate şi magnetism*, conţinînd teoria sa asupra electromagnetismului, în 1873. A fost o lucrare strălucită, adăugînd precizia matematică şi previziunile cantitative la opiniile lui Faraday cu privire la teoria cîmpului şi, în special, la electromagnetism. Ca şi Thomas Young, el a postulat existenţa eterului în întreg spaţiul cosmic ca mediul prin care se deplasează undele electromagnetice. Chiar dacă acest postulat s-a dovedit mai tîrziu fals, ecuaţiile lui nu depind de existenţa eterului, aşa încît ele îşi păstrează valabilitatea în lumea cotidiană a fizicii „clasice" (dar nu şi în fizica relativistă einsteiniană şi nici în lumea mecanicii cuantice).

Printr-una din acele stranii coincidenţe ale istoriei, James Clerk Maxwell a murit în 1879, anul în care se năştea un al mare teoretician, Albert Einstein. Ca şi opera lui Maxwell în secolul al XIX-lea, cea a lui Einstein va domina în mare măsură secolul care va urma. Maxwell nu a trăit să-şi vadă teoriile confirmate experimental (a murit de cancer pînă să împlinească cincizeci de ani), dar dovada nu era departe. După mai puţin de un deceniu, un tînăr fizician a reuşit acest lucru într-un laborator din Germania.

UNDELE LUI HERTZ

Elev al lui Helmholtz, Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894) a manifestat interes pentru ecuaţiile lui Maxwell privind cîmpurile electromagnetice în 1883. Helmholtz i-a sugerat să încerce să cîştige un premiu oferit de Academia de Ştiinţe din Berlin pentru o lucrare în domeniul electromagnetismului, iar Hertz, de-acum profesor la Karlsruhe, a decis să-şi încerce şansa. În 1888 a descoperit ceva. Hertz a pus la punct un experiment care îi dădea posibilitatea să detecteze

prezenţa unui tip de radiaţie de lungime de undă mare care s-ar fi produs dacă lumina ar fi fost într-adevăr o radiaţie electromagnetică. De asemenea, el a găsit o metodă de a măsura forma undei dacă aceasta apărea.

Unda a apărut, iar el a reuşit să o măsoare. Lungimea de undă era de 66 de centimetri – de un milion de ori mai mare decît lungimea de undă a luminii vizibile. Hertz a reuşit să demonstreze totodată că undele pe care le-a măsurat implică atît cîmpuri electrice, cît şi cîmpuri magnetice, şi prin urmare au o natură electromagnetică.

Ceea ce Hertz descoperise nu erau unde luminoase, ci, aşa cum s-a dovedit, unde radio, cărora marchizul Guglielmo Marconi, în 1894, le-a găsit o utilizare ca mijloc de comunicaţie fără fir. (*Radio* este prescurtarea de la radiotelegrafie – cu alte cuvinte, telegrafia prin radiaţie mai curînd decît telegrafia prin curenţi electrici).

Hertz a reuşit să dovedească existenţa undelor electromagnetice, confirmînd experimental ecuaţiile lui Maxwell. Astfel şi-a găsit locul o nouă piesă din marele puzzle al fizicii.

YOUNG, FRESNEL ŞI UNDELE LUMINOASE

Aproape toată lumea ştia că lumina este alcătuită din particule. Era un lucru pe care Newton îl stabilise cu mult timp în urmă. Unul din motive era că lumina nu putea trece pe după colţuri, aşa cum făceau undele acustice, şi umbra produsă de lumină avea margini bine definite. Aşa că atunci cînd Thomas Young (1773–1823) a început să creadă faptul că lumina ar putea fi o undă, a avut de susţinut o luptă aprigă.

Controversa undă-particulă era totuşi foarte veche. (Francesco Grimaldi, 1618–1663, observase că un fascicul de lumină care trece prin două aperturi înguste devine ceva mai larg decît aperturile, indicînd o uşoară curbare pe care a denumit-o „difracție".) Iar unii oameni credeau că juriul mai deliberează încă.

Thomas Young a fost un copil deosebit de precoce care a început să citească de la vîrsta de doi ani, pînă la şase ani citise Biblia de două ori şi învățase o duzină de limbi, inclusiv persana şi swahili. Într-o altă perioadă a vieții sale, această extraordinară capacitate de a învăța limbile străine avea să-i fie de folos cînd, în 1814, a încercat să descifreze hieroglifele de pe Piatra Rosetta* găsită în timpul expediției lui Napoleon din 1799 în Egipt.

Încă de la începutul carierei sale, Young a ținut conferințe din 1801 pînă în 1803, împreună cu Davy, la Institutul Regal al contelui Rumford; în aceşti ani a investigat anatomia ochiului (descoperind astfel că astigmatismul este provocat de imperfecțiuni ale corneei), teoria culorii (descoperind, împreună cu Helmholtz, teoria Young-Helmholtz a celor trei culori, care ulterior avea să constituie fundamentul pentru televiziunea în culori şi fotografia în culori) şi natura luminii.

Pentru a se decide în problema undă-corpuscul, Young a efectuat un test, numit uneori şi „testul franjelor", în care a trecut un fascicul luminos prin mai multe fante înguste. La marginea acestor fante se puteau observa mai multe benzi de lumină înceţoşate. Dacă lumina ar fi fost alcătuită din

* O lespede descoperită în 1799 aproape de localitatea egipteană Rosctta, situată la gurile Nilului, avînd pe ea inscripții în greacă, hieroglife egiptene şi caractere demotice, fapt ce a înlesnit descifrarea hieroglifelor egiptene (n.tr.).

particule şi nu din unde, ar fi apărut doar o umbră clară, bine definită. Teoria corpusculară nu avea nici o explicație pentru această nouă demonstrație a difracției luminii. Young a mers mai departe. S-a gîndit la modul în care, uneori, două maxime sonore se anulează reciproc. (Un exemplu deosebit de potrivit este felul în care, la un sistem de amplificare sonoră publică, două sunete pot fi generate simultan, producînd un sunet intens, şi deodată se anulează, nemairezultînd decît liniște.) Motivația acestui fenomen este că cele două maxime sonore se deplasează în unde de lungimi diferite. Ele pot începe simultan, cu maximele suprapuse, după care se desincronizează pînă cînd minimul uneia coincide cu maximul celeilalte şi se anulează reciproc, sunetul rezultant fiind nul. Young s-a gîndit că dacă şi lumina ar fi produsă de unde, ar putea apărea acelaşi gen de interferență. El a proiectat două fascicule de lumină prin două fante înguste şi la ieşire a montat un paravan. Cele două fascicule s-au suprapus şi în zona de suprapunere au apărut benzi întunecate şi luminoase, ceea ce dovedea că interferența avea loc şi în cazul luminii, la fel ca la undele acustice. Thomas Young a reînviat teoria ondulatorie a luminii.

Young a mai sugerat că lumina se deplasează în unde transversale – cu alte cuvinte, în unghiuri drepte față de punctul din care sînt emise, asemănător undelor de apă din ocean –, şi nu în unde longitudinale, aşa cum se întîmplă în cazul sunetului. Această idee a ajutat la rezolvarea unor probleme în legătură cu lumina polarizată şi refracția dublă şi a avut de asemenea implicații, din momentul în care Maxwell şi-a formulat teoria electromagnetismului, pentru întreg spectrul electromagnetic, din care lumina constituie doar o parte.

La început, mai ales în Anglia lui Newton, cei mai mulți învățați au rîs de teoria ondulatorie a lui Young. A rămas în

sarcina francezului Augustin Fresnel să furnizeze suportul matematic necesar. Dar şi aşa, teoria ondulatorie a luminii continua să aibă probleme. Dacă lumina constă din unde, nu din particule, atunci undele au nevoie de un mediu în care să se deplaseze, aşa cum este aerul pentru undele acustice şi apa pentru undele din ocean. (Dincolo de limitele atmosferei nu există aer care să transmită lumina de la stele.) Primii adepți ai teoriei ondulatorii – printre care şi Maxwell, în a doua jumătate a secolului – au crezut că spațiul cosmic este umplut de „eter", prin care undele luminoase se pot deplasa, dar nu s-a găsit niciodată vreo dovadă cu privire la existența eterului. În acelaşi timp, deşi tot mai mulți savanți s-au îndreptat spre teoria ondulatorie, lumina părea să se comporte uneori ca şi cum ar fi fost compusă din particule. Albert Michelson şi Edward Morley vor demonstra în 1887 că bănuitul eter nu există, iar eterna întrebare în legătură cu natura luminii a condus în secolul următor la unele dintre cele mai profunde descoperiri.

Pe parcursul secolului al XIX-lea a luat naştere un nou model în fizică, şi anume modelul unei idei mai întîi formulate, apoi validate de experiență şi în final consolidată prin teoria matematică. Era un proces cu trei aspecte, care a căpătat treptat respectul comunității ştiințifice şi a funcționat pentru echivalentul căldurii al lui Joule şi Mayer, pentru lucrările de electromagnetism ale lui Faraday, Maxwell şi Hertz, ca şi pentru ideile lui Young şi Fresnel cu privire la natura luminii.

Cea mai remarcabilă realizare a secolului a fost descîlcirea continuă a firelor de către mai multe mîini – şi de geniul

Heinrich Hertz a reuşit să dovedească existența undelor electromagnetice, confirmînd valabilitatea ecuațiilor lui Maxwell

extraordinar al lui Faraday şi Maxwell –, care a dus la recunoaşterea acelei mari forțe fundamentale, electromagnetismul. Aproape fiecare etapă a vieții noastre este atinsă de motorul electric, transformatorul şi generatorul lui Faraday. Dar semnificația conceptelor fundamentale ale teoriilor cîmpului şi electromagnetismului se numără printre cele mai ilustrative exemple din istoria cercetării umane cu privire la natura universului.

CAPITOLUL 5

CERUL ŞI PĂMÎNTUL

Încă din cele mai vechi timpuri, oamenii au privit cerul încercînd să înţeleagă micile puncte luminoase pe care le vedeau deasupra orizontului nopţii. Pînă în secolul al XIX-lea, teoria parcursese o cale lungă, începînd cu afirmaţia lui Copernic, publicată în 1543, că Soarele şi nu Pămîntul se află în centrul Sistemului Solar, cu lucrarea lui Kepler în legătură cu mişcarea corpurilor cereşti pe orbită, publicată în 1609, şi cu lucrarea lui Kant despre nebuloase, din secolul al XVIII-lea.

Telescopul, folosit pentru prima oară în astronomie de către Galilei în 1616, a dat un imens avînt acestui domeniu. Acum puteau fi văzuţi cei patru mari sateliţi ai lui Jupiter, la fel ca şi inelele lui Saturn, precum şi suprafaţa Lunii. Surprinzătoarea descoperire de către William Herschel din 1781 a celei de-a şaptea planete, Uranus, a fost posibilă datorită telescopului perfecţionat pe care l-a folosit.

Oricum, orbita lui Uranus era stranie. Părea să indice că mai exista cel puţin o planetă în Sistemul Solar. Dar unde era ea ascunsă?

Şi ce erau formaţiunile „noroase" catalogate cu atîta minuţiozitate de către Charles Messier în secolul al XVIII-lea? Erau ele sisteme stelare uriaşe, situate la o distanţă

atît de mare încît, văzute la telescop, apăreau doar ca nişte imagini înceţoşate? Sau erau doar nişte nori de gaz, aşa cum bănuiau unii? Cine putea să ştie?

Din ce era compus Soarele? Dar stelele?

Pentru realizarea unor noi progrese erau necesare metode perfecţionate de detecţie. Era necesară o mai mare precizie, precum şi instrumente mai bune şi metode de calcul. La provocarea reprezentată de aceste noi cerinţe au răspuns numeroase minţi devotate, pasionate şi pătrunzătoare. Dar în secolul al XIX-lea, alte două progrese neobişnuite au accelerat spectaculos rezultatele în favoarea astronomilor: o modalitate destul de surprinzătoare de a determina din ce elemente sînt alcătuite stelele (prin intermediul spectroscopiei) şi o metodă de înregistrare a obiectivelor spre care erau îndreptate telescoapele (prin intermediul fotografiei, inventată în 1826).

MARIA MITCHELL: PRIMA FEMEIE ASTRONOM DIN STATELE UNITE

Maria Mitchell s-a născut în Nantucket, Massachusetts, în 1818. Nu a avut condiţii să urmeze o formă de educaţie instituţionalizată, dar a avut norocul să aibă un tată care să o înveţe, şi a devenit bibliotecară la Nantucket Atheneum. În acelaşi timp a deprins plăcerea de a privi cerul şi de a face numeroase observaţii de amator.

Apoi, la 1 octombrie 1847, Maria Mitchell a descoperit o cometă. Avea 29 de ani. Imediat a atras atenţia comunităţii ştiinţifice, iar în 1849 a primit o slujbă la U.S. Nautical Almanac Office. Acolo a făcut calcule astronomice şi şi-a clădit o reputaţie pentru competenţa ei şi acurateţea

observaţiilor. În 1865 a fost numită profesor de astronomie la nou înfiinţatul Vassar College.

Poate că realizările Mariei Mitchell în astronomie nu au fost spectaculoase, dar ea a contribuit considerabil la împămîntenirea ideii că şi femeile pot deveni savanţi profesionişti. Ea a reuşit să-şi urmeze chemarea împotriva prejudecăţilor vremii sale, în pofida faptului că societatea aştepta de la femei să stea acasă, să ţină gospodăria şi să crească copii. A reuşit astfel să ajungă prima femeie admisă în prestigioasa Academie Americană de Arte şi Ştiinţe şi pînă la moartea ei, în 1889, a continuat să predea altor femei la Colegiul Vassar, susţinînd că ştiinţa este pentru toată lumea.

Maria Mitchell a fost prima femeie astronom profesionistă din Statele Unite

A VEDEA MAI BINE

O extraordinară proporţie a progreselor în astronomie în secolul al XIX-lea poate fi atribuită atelierului optic al unui devotat „şlefuitor de lentile", un om al cărui nume apare ori de cîte ori se discută despre chimia, fizica sau astronomia acestei epoci: Joseph von Fraunhofer. Acest orfan lipsit de orice resurse a reuşit, aşa cum am văzut în capitolul precedent, nu numai să descopere liniile spectrale care îi poartă numele, dar a ajuns să fie cunoscut în lumea largă pentru lentilele sale de mare precizie şi pentru telescoapele extrem de meşteşugite pe care le îmbrăca în piele roşie de Maroc.

Folosind unul din telescoapele lui Fraunhofer, Friedrich Bessel (1784–1846) a făcut prima măsurătoare reuşită a distanţei pînă la o stea, cunoscută sub numele de steaua nr. 61 din constelaţia Lebăda (61 Cygni). De trei secole astronomii încercau să determine paralaxa unei stele – a oricărei stele. Găsind paralaxa (modificarea aparentă a poziţiei unui obiect văzut din două poziţii diferite), un astronom se putea folosi de triangulaţie pentru a determina distanţa dintre steaua respectivă şi Pămînt. Dar stelele erau atît de depărtate încît, chiar măsurînd la intervale de şase luni de pe orbita Pămîntului –, aceasta fiind cea mai mare linie de bază disponibilă astronomilor tereştri – nu s-a reuşit niciodată efectuarea unor măsurători adecvate. Bessel a ales 61 Cygni, chiar dacă este o stea relativ întunecată, datorită mişcării sale proprii rapide, cea mai rapidă dintre stele. El a îndreptat telescopul Fraunhofer către acea stea, folosind şi un dispozitiv denumit heliometru, conceput de el, dar construit de Fraunhofer. Prin observaţii minuţioase, Bessel a măsurat deplasările minuscule ale lui 61 Cygni şi a reuşit să-i compare poziţia faţă de alte

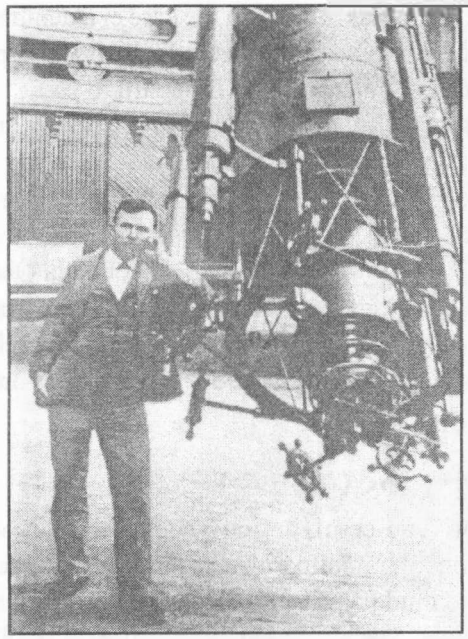
două stele apropiate, chiar dacă acestea erau şi mai puțin luminoase. Spre uimirea sa, paralaxa lui 61 Cygni arăta că steaua se află la o distanță de şase ani lumină (sau de şase ori distanța pe care o poate parcurge lumina într-un an – sau de şase ori 9,5 trilioane de kilometri). Ținînd cont că Johannes Kepler estimase că stelele se află la o distanță de circa o zecime de an-lumină, iar Newton considerase că distanța ar fi cam de doi ani-lumină, descoperirea a dus la modificarea drastică a părerilor astronomilor asupra dimensiunilor universului.

Cînd Bessel şi-a anunțat descoperirea în 1838, încă o piesă din jocul de puzzle copernician şi-a găsit locul, întrucît fie şi o paralaxă mică pentru o stea demonstra că Pămîntul se mişcă în spațiul cosmic.

De asemenea, cu ajutorul heliometrului, Bessel a observat că două stele, Sirius şi Procyon, prezintă fiecare mici deviații care nu puteau fi considerate paralactice, ci erau mai degrabă nişte instabilități. În 1841, Bessel a postulat că fiecare dintre aceste două stele se roteşte în jurul unui companion nevăzut.

Restul relatării aparține unui al doilea şlefuitor de lentile de precizie, Alvan Clark (1832–1897) din Massachusetts, care, ca şi Fraunhofer, făcea lentile renumite în toată lumea. Într-o noapte a anului 1862, Clark testa o lentilă de 18 țoli la care el şi tatăl lui lucraseră. Cînd a îndreptat-o spre Sirius a sesizat o mică pată de lumină în apropierea acesteia. Era steaua însoțitoare a cărei existențe Bessel o intuise cu 21 de ani în urmă.

Alte două importante descoperiri au fost realizate cu telescoapele lui Clark. În 1877, în timp ce studia îndeaproape planeta Marte, Asaph Hall (1829–1907) din Connecticut, la



Edward Emerson Barnard

insistențele soției sale, Angelina Stickney (fosta lui profesoară de matematică) de „a mai încerca doar o noapte", a descoperit cei doi sateliți marțieni. Iar în 1892, Edward Emerson Barnard (1827–1923) a descoperit cel de-al cincilea satelit al lui Jupiter, primul descoperit în trei secole.

Cu William Parsons, al treilea conte de Rosse, alta a fost situația. Marea lui pasiune era să construiască de unul singur uriaşe telescoape cu reflector, începînd din anul 1827. În 1845 a reuşit să construiască un telescop cu adevărat gigantic, cu un reflector de 72 de țoli (183 centimetri), pe care l-a botezat „Leviathan". În pofida vremii permanent cețoase din Irlanda, unde trăia, în 1884 lordul Rosse a reuşit

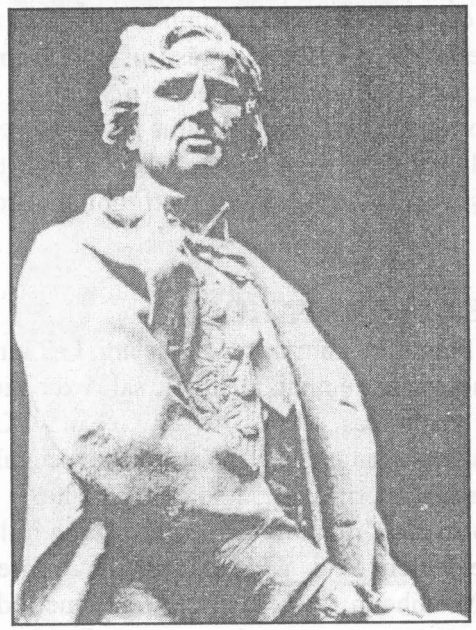
să studieze Nebuloasa Crabului, pe care el a denumit-o astfel, şi a identificat mai multe obiecte în formă de spirală care s-au dovedit a fi galaxii foarte îndepărtate.

Succesele obținute de Fraunhofer şi Clark în ameliorarea lentilelor au inspirat construirea telescoapelor uriaşe cu refracție de la finele secolului, inclusiv pe cel de la Observatorul Lick din California, construit în 1888, cu o apertură de 36 de țoli (91,5 cm) şi, în 1895, pe cel de la Observatorul Yerkes din apropiere de Chicago, a cărui construcție a fost coordonată de Clark. Observatorul Yerkes avea cel mai mare telescop refractor construit vreodată, cu o apertură de 40 de țoli (101,6 cm).

PLANETE LIPSĂ

Cînd priveau cerul, anticii vedeau anumite obiecte pe care le numeau „rătăcitoare" sau planete, care se deplasau de o manieră ciudată pe bolta cerească. Le-au dat numele de Mercur, Venus, Marte, Jupiter şi Saturn. Dintre planetele pe care le cunoaştem astăzi, bineînțeles cunoşteau Pămîntul, deşi nimeni nu se gîndea la *terra firma* ca la o planetă. William Herschel a uluit pe toată lumea atunci cînd a descoperit a şaptea planetă, Uranus, în 1781. (De fapt, el nu a fost primul care a văzut-o. Uranus poate fi văzut şi fără ajutorul telescopului. Dar Herschel a fost primul care şi-a dat seama că este vorba de o planetă.) Herschel a folosit o metodă de căutare sistematică, un telescop bun şi a fost ajutat de excelenta acuitate vizuală a surorii sale Caroline.

Dar probabil că mai existau şi alte planete. Mulți astronomi erau nedumeriți de o aberație a orbitei planetei Mercur, iar Urbain Jean Joseph Le Verrier (1810–1877) a ajuns să fie sigur că prezența unei alte planete între Soare şi Mercur



Joseph Le Verrier, descoperitorul planetei Neptun, a opta planetă a sistemului solar

explica respectivele aberații. A efectuat calcule şi i-a prezis orbita şi dimensiunile (diametrul de 1000 de metri), denumind-o Vulcan. Dar oricîte încercări s-au făcut, nimeni nu a reuşit să dea de ea. (Ulterior, Einstein avea să explice de ce orbita lui Mercur nu se conformează legilor fizicii newtoniene.)

Orbita lui Uranus avea cam aceeaşi problemă, dar de data asta Le Verrier a avut mai mult noroc. A făcut din nou calcule matematice şi a rezolvat ecuațiile aferente. Pe urmă l-a contactat pe Johann Galle (1812–1910) la Berlin şi i-a spus unde să caute. Pe data de 23 septembrie 1846, norocul

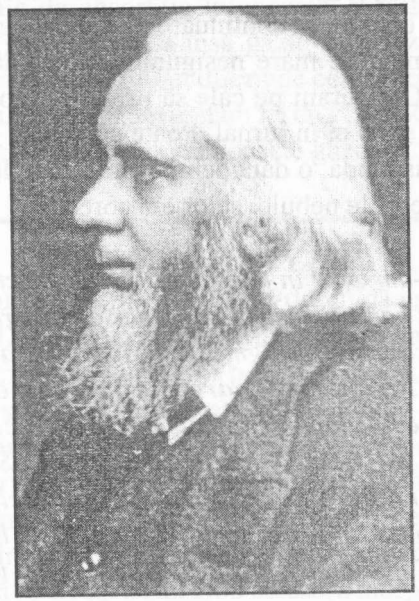
le-a surîs celor doi oameni de știință. Aproape exact în locul indicat de Le Verrier, Galle a găsit planeta Neptun, un alt gigant gazos avînd aproape aceeași mărime ca și Uranus. (La Cambridge, John Couch Adams făcuse aceleași calcule cu cîteva luni mai devreme, dar nu a avut acces la un telescop pentru a-și verifica teza.) A fost un triumf al astronomiei ca știință.

LINIILE LUI FRAUNHOFER

Cînd Fraunhofer a murit la 39 de ani, la 7 iunie 1826, a lăsat ca moștenire nu numai lentilele sale excepționale, ci și niște linii misterioase. Apoi, în 1859, Gustav Kirchhoff și Robert Bunsen au anunțat inventarea spectroscopului, deschizînd calea descoperirii a numeroase elemente.

Într-o seară, Kirchhoff și Bunsen lucrau în laboratorul lor din Heidelberg cînd au văzut un incendiu care izbucnise în orașul Mannheim, situat la circa 16 kilometri distanță. Ei și-au îndreptat spectroscopul spre incendiu și au constatat că pot detecta prezența bariului și a stronțiului din aranjamentul liniilor spectrale ale focului – chiar și de la o asemenea depărtare. În momentul acela Bunsen și-a pus întrebarea dacă nu ar fi posibil să orienteze spectroscopul spre Soare și să detecteze ce elemente sînt prezente acolo. „Dar lumea ar crede că sîntem nebuni să visăm la asemenea lucruri", a mormăit el.

În 1861, Kirchhoff și-a testat ideea și în lumina Soarelui a reușit să identifice nouă elemente: sodiu, calciu, magneziu, fier, crom, nichel, bariu, cupru și zinc. Uluitor era faptul că uriașa sursă de lumină de pe cer, cîndva venerată ca zeitate de către popoarele antice, conținea multe din elementele existente și pe Pămînt. Gustav Kirchhoff deschisese calea



William Huggins

pentru două noi științe, spectroscopia și astrofizica, și stabilise o nouă legătură între fizica și chimia terestră și stele. A fost un nou exemplu formidabil de convergență al unor lumi care cîndva păreau totalmente separate.

Un astronom amator din Anglia, Sir William Huggins, a fost primul care a folosit spectroscopul pentru a cerceta obiectele cerești îndepărtate în 1864. Fiind un om bogat, dispunea de propriul său laborator, dotat cu telescop, pe un deal din Londra. A montat spectroscopul la telescop și a studiat liniile spectrale emise de două stele atît de strălucitoare încît puteau fi văzute lesne cu ochiul liber: Aldebaran și Betelgeuse. El a putut identifica amprenta elementelor iod, sodiu, calciu,

magneziu și bismut. În continuare a încercat o nebuloasă și, cu un sentiment de mare nesiguranță și teamă, a urcat să privească: „Oare eram pe cale să privesc în locul secret al creației?", a scris el în jurnal. Poate că venise clipa în care avea să se răspundă, o dată pentru totdeauna, la întrebarea: care dintre teoriile nebuloaselor era corectă?

> *M-am uitat în telescop. Nici un spectru din cele la care mă așteptam! Doar o singură linie strălucitoare!... Enigma nebuloaselor era rezolvată. Răspunsul, care ne parvenise prin intermediul luminii însăși, era: nu un conglomerat de stele, ci un gaz luminos. Stelele asemănătoare Soarelui nostru sau cele mai luminoase ar fi dat un spectru diferit; lumina acestei nebuloase era evident emisă de un gaz luminos.*

Din păcate, Huggins a tras un loz necîștigător atunci cînd a presupus, pornind de la faptul că nebuloasa cercetată de el era gazoasă, că toate nebuloasele – inclusiv cele cu formă eliptică sau spiralată – ar fi alcătuite din gaz. Cu toate acestea însă, prima utilizare a spectroscopiei în astronomie a reprezentat un succes extraordinar. Jucînd pentru astronomie același rol pe care fosilele îl îndeplinesc pentru geologie, liniile lui Fraunhofer și spectroscopia furnizează informații prețioase în legătură cu temperatura, compoziția și mișcarea nebuloaselor gazoase și a stelelor. Așa cum a demonstrat Kirchhoff, un obiect incandescent și opac emite un spectru continuu – un curcubeu continuu de culori, fără linii spectrale. Dacă se vizualizează totuși spectrul printr-un gaz rece, apar

liniile spectrale de absorbție întunecate. Acestea dezvăluie compoziția gazelor. Dacă însă gazul este vizualizat la un unghi oarecare, apare un set diferit de configurații spectrale. Aceste instrumente au devenit un fel de Piatră Rosetta pentru astronomii care studiază nebuloasele gazoase.

MARY SOMERVILLE

Nu era ușor pentru o femeie să deschidă ușile științei în secolul al XIX-lea. Mary Somerville (născută Fairfax) (1780–1872) nu numai că le-a deschis pentru ea însăși, dar a devenit scriitoarea științifică preferată a unor mari personalități precum Charles Lyell și John Herschel. Fiică a unui amiral scoțian, Mary nu a mers deloc la școală pînă la vîrsta de zece ani și nici măcar nu știa să citească la unsprezece ani, dar nici nu și-a irosit anii de copilărie. Colecționa fosile și pietre și, reușind să facă rost de un glob ceresc, a început să studieze astronomia.

Imediat ce a învățat să citească, ușile s-au deschis și mai larg, ea învățînd de una singură latina și greaca. Făcîndu-și timp să învețe să cînte și la pian, fata s-a apropiat de instrument de o manieră originală, învățînd chiar să-l acordeze și să înlocuiască corzile rupte.

Totuși, prima ei dragoste adevărată a fost matematica. A descoperit singură algebra și geometria și a asimilat rapid scrierile lui Euclid. E inutil de precizat că toată această activitate intelectuală și artistică era puțin cam descumpănitoare pentru cei din jurul ei – într-atît încît s-au grăbit să o determine să se mărite cu un individ cam rigid și cu vederi tradiționale, Samuel Greig, un prieten de-al tatălui său. Transferînd altcuiva problema copilului precoce, familia a răsuflat

uşurată. Nu se cunosc prea multe despre cum a reuşit Greig să se adapteze la situație, dar se ştie că a murit cînd Mary avea doar 33 de ani, lăsîndu-i o avere considerabilă. Cu toate acestea, tînăra văduvă nu a început să cheltuiască banii pe baluri somptuoase şi toalete costisitoare, fiindcă le-a găsit o utilizare mult mai bună. În scurtă vreme şi-a cumpărat destule cărți pentru a-şi alcătui o minunată bibliotecă de matematică.

Căsătorindu-se a doua oară, după propria dorință de data asta, a avut mai mult noroc. William Somerville era medic militar şi un om instruit, care respecta inteligența soției sale şi i-a încurajat aplecarea către matematică şi știință.

În 1816, cînd William a fost transferat la Londra, Mary s-a pomenit dintr-o dată în centrul vieții științifice engleze şi a ştiut ce va face. Va scrie despre știință. A publicat *The Connection of the Physical Sciences* („Conexiunile științelor fizice") în 1834. Volumul *Physical Geography* („Geografie fizică"), publicat în 1848, a cîştigat în scurt timp numeroşi admiratori, deşi a fost atacat de o parte a clerului, care se încrîncena să poarte vechea luptă împotriva unei vîrste vechi a Pămîntului. De fapt, cartea a avut un asemenea succes încît o organizație numită Societatea pentru Răspîndirea Cunoştințelor Utile i-a cerut să scrie o lucrare de astronomie. Şi aceasta a avut succes şi Mary a continuat cu un volum despre lucrarea *Principia* a lui Newton. În al treilea deceniu al secolului al XIX-lea, o femeie nu putea deveni profesor, dar Mary Somerville a devenit rapid scriitoarea preferată a oamenilor de ştiință şi a profesorilor. Cu specializarea tot mai mare din știință, era greu pentru oamenii de știință curioşi să afle ce se mai întîmpla în celelalte domenii. Atraşi de stilul ei atent şi precis, de înțelegerea inteligentă a faptelor şi de explicațiile ei lucide, numeroşi savanți şi-au îndreptat

atenția spre Mary Somerville. John Herschel, entuziasmat de manuscrisul lucrării *Mechanics of the Heavens* („Mecanica cerurilor") (1831), a devenit un prieten apropiat şi un susținător înfocat, recomandînd prietenilor săi nu numai cartea respectivă, ci şi altele. Curînd, cărțile ei au ajuns să fie citite, în afară de oamenii de știință, şi de persoane instruite, care doreau relatări clare, reale şi inteligibile despre explozia științifică ce avea loc în vremurile acelea.

Scriitor științific de o mare inteligență şi agerime intelectuală, Mary Somerville a pătruns curînd în conştiința societății științifice londoneze, iar locuința familiei Somerville a devenit locul unde se adunau unele dintre cele mai luminate minți ale vremii. Nereuşind să ajungă la universitate, Mary Somerville avea acum la ea acasă o bună parte din universitate – spre încîntarea şi beneficiul reciproc al tuturor.

FOTOGRAFIEREA STELELOR

John Herschel (1792–1871), fiul lui William Herschel, a fost printre primii care şi-a dat seama ce posibilități ar putea oferi fotografia astronomiei. Deşi fotografia fusese descoperită din 1826, abia în deceniul al cincilea a ajuns să fie folosită în astronomie. Marele ei avantaj era, desigur, faptul că, lucrînd pe baza plăcilor fotografice, astronomii nu mai erau nevoiți să lucreze „în timp real". Puteau să studieze plăcile ore în şir, folosind lupa sau microscopul, şi să noteze diferențele apărute pe plăcile expuse la momente diferite. Pe măsură ce suportul fotografic s-a perfecționat, a devenit posibil să se lase o placă expusă pentru perioade de timp mai mari, spre a surprinde obiecte care altfel nu puteau fi văzute nici chiar cu un telescop. În 1895, Edward Emerson Barnard a fotografiat Calea Lactee pentru prima oară. În anii

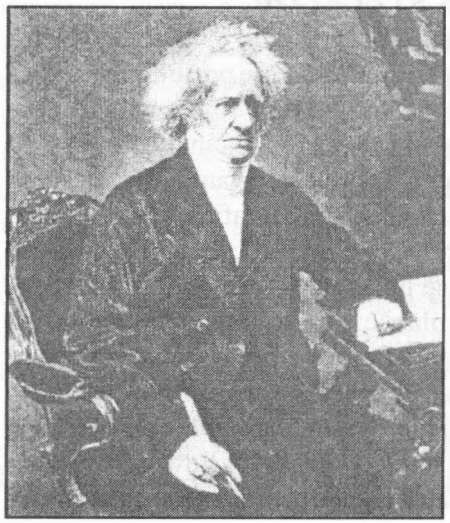
care au urmat, fotografia a devenit un instrument din ce în ce mai important pentru astronomi.

CERCETAREA SOARELUI

Dar cea mai apropiată stea este, desigur, Soarele nostru, iar în secolul al XIX-lea au avut loc două descoperiri care au ajutat la înțelegerea fizicii solare.

În 1843, Samuel Heinrich Schwabe a anunțat descoperirea acțiunii ciclice a petelor solare. Descoperirea a marcat începutul primelor cercetări de fizică solară și astrofizică. Iar în 1868, Pierre Jules César Janssen a descoperit heliul în timp ce studia liniile spectrale ale Soarelui.

Între timp, lordul Kelvin și Helmholtz, bazîndu-se pe ideile lor privind mecanismul căldurii interne a Soarelui, credeau amîndoi că vîrsta Pămîntului ar fi de 20 pînă la 22 de milioane de ani. Dar geologii și biologii din acele timpuri sugeraseră valori extrem de diferite pentru vîrsta planetei



John Herschel

noastre. Continuînd cercetările pe marginea acestui subiect, lordul Kelvin a investigat geomagnetismul, hidrodinamica, forma Pămîntului și determinarea geofizică a vîrstei Terrei. Curînd s-a pomenit în centrul unei controverse în legătură cu vîrsta Pămîntului, deoarece estimarea de numai 20 de milioane de ani pe care o făcuse cu privire la vîrsta Soarelui nu era nici pe departe suficientă pentru ca pe Pămînt să poată avea loc un proces treptat de evoluție biologică, în timp ce geologi precum James Hutton și Charles Lyell postulau un interval istoric mult mai mare pentru Pămînt. Atunci cînd și-a formulat teoria evoluției (vezi Capitolul 6), Darwin s-a folosit de valoarea propusă de Lyell pentru vîrsta geologică a Pămîntului, și anume de cel puțin 300 de milioane de ani. Mai recent, descifrarea mecanismelor de producere a căldurii Soarelui, care s-a realizat în secolul XX, sprijină punctul de vedere al lui Darwin și nu pe cel al lui Kelvin.

EVALUAREA VÎRSTEI PĂMÎNTULUI

Savanții „tereștri" erau cu totul diferiți față de astronomi. Deși minerii și inginerii realizaseră de mult un studiu al solului pe care ne ducem existența, geologia ca știință a început să se dezvolte abia în secolul al XVIII-lea și nu a atins o perioadă de înflorire maximă decît în secolul al XIX-lea.

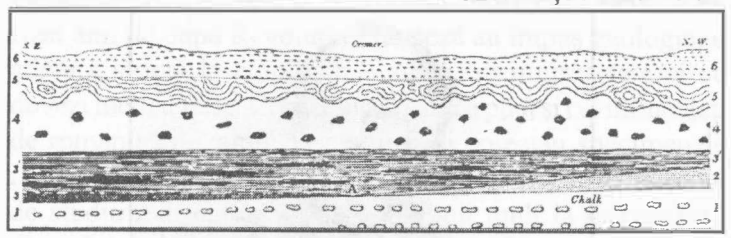
Sfîrșitul secolului al XVIII-lea i-a găsit pe geologi angrenați într-o mare controversă, fiecare cercetător aderînd fie la neptunism, fie la plutonism. Liderul adepților neptunismului era Abraham Gottlob Werner (1750–1817), un geolog german proeminent care susținea că toate straturile terestre au fost depuse ca sedimente de către apele unui diluviu primordial. Adepții plutonismului îl aveau în frunte pe geologul scoțian James Hutton (1726–1797), care afirma că principalul

mecanism al formării Pământului era căldura sa interioară, care răbufnea periodic prin scoarță sub forma vulcanilor.

Dintre cele două școli, plutonismul era mai radical. Neptunismul vedea istoria Pământului ca pe o apariție unică și definitivă, un potop gigantic (similar cu povestea biblică a lui Noe) care modelase scoarța terestră sub aspectul ei actual. Aceasta se potrivea perfect cu interpretarea literală a creației biblice – de unde teologii au tras concluzia că Pământul nu putea avea o vechime mai mare de 6000 de ani. Pe de altă parte, Hutton și adepții săi susțineau că istoria Pământului trecuse printr-un proces lung, lent și neîntrerupt, întins pe perioade foarte mari de timp. Ei credeau că aceleași forțe care se manifestă astăzi în scoarța terestră funcționaseră dintotdeauna, formînd, erodînd și reformînd în repetate rînduri – lava topită din interior încercînd să iasă la suprafață, alcătuind roci cristaline noi precum bazaltul și granitul și înclinînd straturile de rocă sedimentară la suprafață. Acest punct de vedere, considerat ca radical și raționalist (un punct de vedere care acceptă ca unică autoritate rațiunea), a fost privit la început cu mult scepticism.

Marele specialist francez în anatomie comparată, Georges Cuvier (1769–1832), s-a numărat printre cei care au obiectat. Cuvier vedea ca evident un șir de catastrofe în istoria Pământului, în timpul cărora toate speciile au dispărut și după care noi straturi de rocă s-au depus. El susținea că cea mai recentă dintre aceste catastrofe a fost potopul biblic.

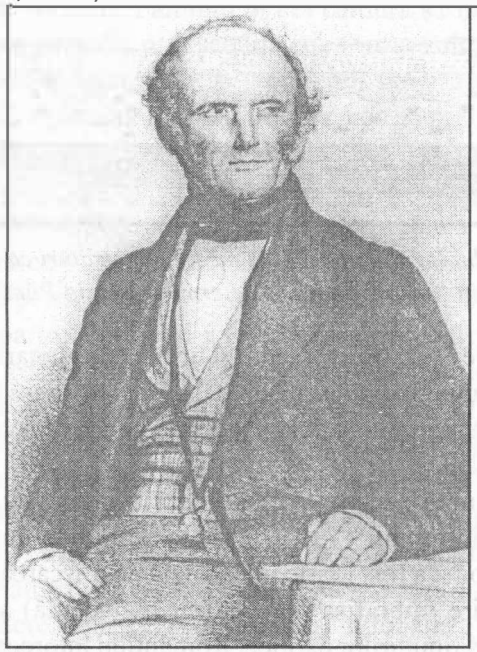
Geologul american de origine elvețiană Louis Agassiz (1807–1873) susținea o teorie a catastrofei independente, potrivit căreia Pământul trecuse printr-o epocă glaciară – de fapt, în jur de douăzeci de astfel de perioade –, considerînd drept dovezi unele dintre comportamentele și mișcările



Geologii din secolul al XIX-lea au studiat straturi ca acestea ale stîncilor din Norfolk pentru a determina istoria Pământului

curente ale ghețarilor, precum și urmele de ghețari în regiuni în care acum nu mai există ghețari. Deși respinsă la început, teoria glaciațiunilor a fost acceptată pe măsură ce dovezile se acumulau.

Denumită adesea Epoca eroică a geologiei, perioada cuprinsă între anii 1790 și 1830 corespunde unui timp în care geologia a fost foarte influențată de mișcarea romantismului, care îmbrățișa Natura (cu majusculă) și încuraja explorarea ținuturilor exotice. Romanticii întorceau bucuros spatele societății rigide și elegante pentru a explora părțile sălbatice ale Naturii necultivate, neîntinată de atingerea oamenilor. Călătoriile în locuri pitorești și spectaculoase au devenit populare, iar pe savanții care au răspuns acestei chemări, contactul nemijlocit cu o mare varietate de forme de relief i-a adus față în față cu formațiuni și straturi pe care altfel poate că nu le-ar fi întîlnit niciodată. În vreme ce pînă atunci geologia se ocupase în principal cu studierea mineralogiei și identificarea specimenelor de rocă izolate, acum devenea o știință vizionară care citea în straturile de sol epopeea revoluțiilor, a decăderilor și a restaurărilor marilor forțe beligerante ale Terrei.



Charles Lyell, autorul teoriei uniformitarismului în geologie

Bineînțeles că nici vechea gardă nu se lăsa mai prejos. Aceştia erau geologii care continuau tradiția analizei practice, preocupați de statutul profesional al științei lor, de colectarea dovezilor şi formularea coerentă a teoriei. Geologii romantici, adesea în conflict cu cei tradiționali, se considerau niște cavaleri în căutarea Adevărului, pregătiți să se confrunte cu consecințele radicale ale acestuia şi devotați explorării Naturii.

Cu toate acestea, aceste două modele de gîndire nu au fost în mod necesar divergente din perspectivă geologică şi nici nu au afectat substanțial metodele utilizate. Concepțiile

conservator-religioase şi antirevoluționare care au caracterizat anii de după Revoluția Franceză au impus geologiei o aderare strictă la empirism – adică, sprijinirea teoriei cu dovezi meticuloase. Consecința a fost că pînă şi cei influențați de romantism examinau straturile şi colectau specimenele la fel ca şi colegii lor. Dar viziunea lor mai largă şi cîmpul de studiu mai cutezător au contribuit mult la dezvoltarea disciplinei, ei fiind totodată ținuți în frîu şi în stare de tensiune de conflictele cu colegii lor mai puțin înflăcărați.

Pe la 1830 exista un corp de dovezi mult mai consistent din care să se poată crea o teorie, iar cauza uniformismului lui Hutton a atras un tînăr şi bogat avocat scoțian care era mai interesat de geologie decît de justiție. Deşi a studiat geologia la Oxford sub îndrumarea unui adept al neptunismului, Charles Lyell a călătorit mult în Europa şi a avut prilejul să examineze nemijlocit numeroase straturi de rocă, ajungînd curînd la concluzia că Hutton avusese dreptate, că forțele care modelaseră istoria Pămîntului erau constante în timp şi erau aceleaşi ca şi cele care continuau să producă eroziunea şi sedimentarea, încălzirea şi răcirea în epocile moderne. Avînd şi mulți cititori – mai mulți decît Hutton –, deşi nu a făcut nici o descoperire şi nici nu a formulat vreo teorie proprie, a fost înzestrat cu marele talent de a reuni într-o singură lucrare multe fapte reale.

Astfel, el susținea că numai forțele geologice care acționează şi în prezent trebuie considerate ca explicații pentru istoria trecută, şi mai trebuie presupuse perioade lungi de timp. El scria: „Noțiunile limitate cu privire la mărimea intervalelor de timp ale trecutului au tins, mai mult decît oricare alte prejudecăți, să întîrzie progresul geologiei şi pînă cînd nu ne vom obişnui să contemplăm posibilitatea unor

perioade nedefinit de lungi... sîntem în pericol de a ne forma opinii dintre cele mai eronate în geologie".

În 1830, Lyell a publicat primul volum al lucrării *The Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of Earth Surface by Reference to Causes Now in Operation* („Principiile geologiei: O încercare de a explica schimbările trecute ale suprafeței Pămîntului prin referire la cauzele acum în funcțiune"). Un exemplar al acestei lucrări a avut destinul să fie citit pe îndelete în anul următor, atunci cînd a început călătoria la bordul corăbiei HMS *Beagle* în cea mai celebră expediție din istoria științei. Cartea îi aparținea lui Charles Darwin.

PARTEA A II-A

ȘTIINȚELE VIEȚII

CAPITOLUL 6

DARWIN ŞI DARUL LUI *BEAGLE*

Evoluția, ca idee, plutea în aer la începutul secolului al XIX-lea. Geologii dezbăteau problema evoluției Pămîntului. Iar discuția se desfăşura firesc, mînă în mînă cu chestiunea evoluției biologice. Fosilele ridicau probleme. Rămăşițele de organe stîrneau imaginația. Dar era totodată o chestiune explozivă, aproape la fel de periculos de susținut în acea perioadă ca şi ideile copernicience pe vremea lui Galilei. Fără doar şi poate, ideile despre evoluție erau menite să provoace o mare agitație.

Şi Lyell a fost atras de idee, dar a preferat, cel puțin la început, să nu o abordeze. În 1836, el îi scria astronomului John Herschel:

> *Cu privire la originea noilor specii, sînt foarte bucuros să constat că dumneavoastră considerați probabil ca aceasta să se fi desfăşurat prin intervenția unor cauze intermediare. Am preferat să las ca acest lucru să poată fi dedus, considerînd că nu merită să iritățm o anumită categorie de persoane formulînd explicit ceea ce n-ar putea fi decît o speculație.*

Caracterul volatil al acestui subiect nu i-a scăpat lui Charles Darwin (1809–1882), care, în orice caz, şi-a început cariera fără să-şi propună cîtuşi de puţin să demonstreze acest lucru.

CĂLĂTORIA NAVEI *BEAGLE*

Iniţial, Charles Darwin nu-şi propusese să devină biolog. Bunicul său, Erasmus Darwin, se ocupase oarecum cu biologia şi chiar propusese o teorie a evoluţiei, dar ca profesie era medic. (Celălalt bunic al lui Darwin, Josiah Wedgwood, era fabricant de porţelan şi îl interesa chimia. Ambii bunici au fost membri de bază ai societăţii ştiinţifice cunoscută sub numele de Lunar Society.) Tatăl lui Charles era şi el medic şi la început fiul plănuise să respecte tradiţia familiei, dar a descoperit rapid că nu avea nici o înclinaţie în acest sens. Asta l-a făcut să se orienteze spre o carieră religioasă, dar la Universitatea Cambridge pasiunea sa pentru plimbările solitare în aer liber şi-a găsit un pretext potrivit în excursiile cu caracter botanic. S-a împrietenit cu profesorul său de botanică, John Stevens Henslow, la locuinţa căruia era adesea invitat pentru cină şi conversaţie. Mai tîrziu, Darwin avea să scrie: „Cunoştinţele sale erau excelente în botanică, entomologie, chimie, mineralogie şi geologie. Marea lui plăcere era să tragă concluzii în urma unor observaţii amănunţite şi îndelungate." În timpul discuţiilor lor prelungite, Darwin a asimilat atît conţinutul, cît şi metoda. Henslow era impresionat de entuziasmul şi aptitudinile tînărului său student şi, auzind de prilejul ca un naturalist să navigheze pe HMS *Beagle*, sub comanda căpitanului Robert FitzRoy, nu a ezitat să-l recomande pe tînărul Darwin.

Misiunea lui *Beagle*, încredinţată de Amiralitatea britanică, consta într-o călătorie de cinci ani pentru

cartografierea coastelor Patagoniei, Ţării de Foc, precum şi a celor aparţinînd de Chile şi de Peru. Trebuia să se determine longitudinile şi să se stabilească un lanţ de calcule cronologice în jurul lumii. Era un lucru obişnuit să se apeleze la un naturalist pentru astfel de expediţii, chiar şi numai pentru a asigura căpitanului navei o companie inteligentă şi plăcută.

Beagle a ridicat pînzele pe 27 decembrie 1831. Spaţiul era înghesuit – o cabină împărţită cu căpitanul, o persoană capricioasă în cel mai bun caz – şi abia dacă era loc pentru echipamentul de care Darwin avea nevoie ca să poată lucra. În acest compartiment îngust, lambrisat în lemn de mahon, el dormea într-un hamac care se legăna fără milă la fiecare înclinare a corăbiei, astfel că a suferit de rău de mare pe tot parcursul voiajului. „Nevoia absolută de spaţiu este un rău", scria el deprimat în jurnal, „este un rău pe care nimic nu-l poate surmonta."

Darwin a luat cu el patru cărţi: Biblia, un volum de poezii de Milton, relatarea lui Alexander von Humboldt a explorării Venezuelei şi a bazinului fluviului Orinoco şi – fără îndoială, cea mai importantă pentru viitorul său ştiinţific –, primul volum al lucrării lui Lyell, *Principiile geologiei*. Cînd au ajuns la Montevideo, pe ţărmul estic al continentului sud-american, Darwin era aşteptat de al doilea volum al lucrării, trimis de Henslow, căruia naturalistul de pe *Beagle* îi trimitea permanent rapoarte (multe dintre ele citite la şedinţele Societăţii Filozofice din Cambridge). Volumul al treilea îl aştepta la sosirea la Valparaiso, pe cealaltă coastă a continentului.

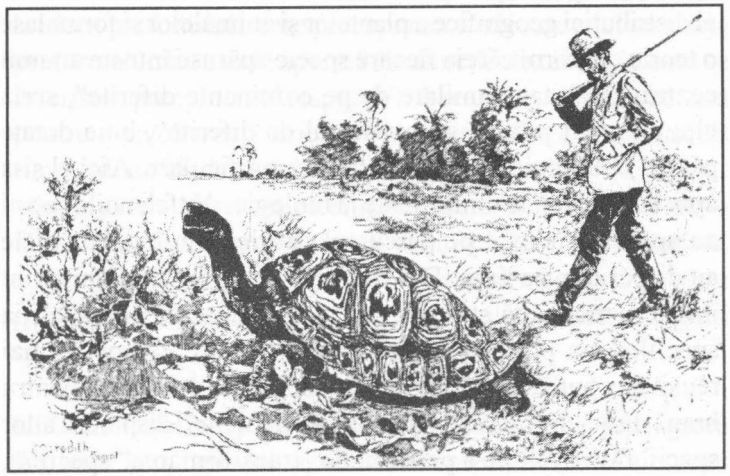
Chiar dacă pe ocean călătoria fusese un coşmar, posibilităţile de explorare şi observaţie de pe ţărmuri constituiau paradisul naturalistului. Pe uscat, Darwin era în elementul său. Într-un stil clar, evocator, el a descris toate aceste lucruri

în jurnalele sale (care au fost publicate în cinci volume în decurs de zece ani de la întoarcerea sa acasă). De pe țărmul insulei Tenerife, el scria:

> *...aerul este nemişcat şi încîntător de cald – singurele sunete care se aud sînt clipocitul valurilor la pupa şi fluturatul leneş al pînzelor în jurul catargelor... Cerul este senin şi înalt, iar stelele nenumărate luminează atît de puternic încît fac valurile să scînteieze.*

Atunci cînd acostau, în vreme ce FitzRoy îşi amenaja observatorul pentru a face măsurătorile solicitate de Amiralitate, Darwin pornea în explorarea coastelor sau mai spre interiorul ținutului, însoțit de interpreți şi, uneori, de alți ofițeri de pe corabie. Era impresionat de forța primordială a naturii, de vegetația luxuriantă, de păsările şi animalele exotice şi, cînd se afla pe țărm, de bureții viu colorați şi de coralii tropicali cu forme complicate. În America de Sud se afla o bogăție de plante şi animale pe care Darwin nu le mai văzuse pînă atunci: lama sălbatice în Patagonia, țestoase uriaşe în Insulele Galapagos, orhidee gingaşe în Brazilia, cochilii fosile pe înălțimile Anzilor, corali în Oceanul Indian. I-a trimis lui Henslow sute de specimene şi a făcut numeroase însemnări şi desene.

În Galapagos, l-a impresionat în mod deosebit o serie de cinteze (cunoscute acum ca fiind „cintezele lui Darwin") care trăiau pe insule separate de distanțe mari şi care difereau în multe privințe de cintezele de pe continent. Similare ca mărime şi culoare, s-au dezvoltat 13 specii diferite cu ciocuri în forme diferite, fiecare adaptîndu-se, după toate aparențele,



Darwin pe Insulele Galapagos, măsurînd viteza unei țestoase-elefant

la propriul său mod de a se hrăni. O specie care se hrănea cu semințe avea ciocul bine adaptat pentru spargerea învelişului semințelor; pe o altă insulă, unde nu se găseau semințe, cintezele care trăiau acolo aveau ciocul lung şi ascuțit, potrivit pentru vînarea şi consumarea insectelor. O cinteză vegetariană avea ciocul scurt şi gros, pentru a putea culege mugurii şi frunzele cu care se hrănea. Şi aşa mai departe. Darwin a fost profund impresionat, după cum avea să scrie ulterior în *Autobiografia* sa, de felul în care speciile din Galapagos „diferă uşor pe fiecare insulă a arhipelagului, nici una dintre aceste insule nepărînd foarte veche din punct de vedere geologic. Este evident că factori ca aceştia, la fel ca şi alții, pot fi explicați pe baza supoziției că speciile se modifică treptat; iar subiectul a început să mă obsedeze".

Al doilea volum al *Principiilor geologiei* începuse deja să ridice unele dintre aceste probleme. Lyell făcuse un studiu

al distribuției geografice a plantelor și animalelor și formulase o teorie conform căreia fiecare specie apăruse într-un anumit centru. „Habitate similare de pe continente diferite", scria el, „par să fi produs specii destul de diferite", bine dotate pentru a supraviețui în habitatele lor particulare. Aici el și-a aplicat conceptele uniformiste la biologie. Astfel, noile specii au apărut neîncetat pe parcursul istoriei Pămîntului; altele au dispărut între timp. Dat fiind că procesele geologice sînt într-o permanentă stare de schimbare, apariția și dispariția speciilor s-a produs continuu, ca o reacție. O specie mai reușită ar putea să le elimine pe altele în competiția pentru hrană dintr-un anumit habitat, consecința fiind dispariția altor specii. Dar Lyell nu a pomenit de „transformarea" speciilor. O nouă specie își poate începe existența, dar nu se poate schimba și nici evolua în timp.

EVOLUȚIONISMUL PRE-DARWINIAN

Biologia a ajuns în acest punct în etape. În 1686, John Ray definise conceptul de specie în înțelesul ei modern, bazat pe descendența dintr-un tip ancestral comun, iar contele de Buffon a clarificat acest lucru în 1749: o specie este un grup de indivizi care se reproduc între ei și care nu se pot reproduce cu succes în afara grupului. Numai că acești pionieri ai biologiei au presupus că speciile nu s-au schimbat de la începuturile timpului; ei erau blocați într-un concept cunoscut ca Marele Lanț al Existenței, în care toate speciile alcătuiau un lanț neîntrerupt de la ființele inferioare situate la bază și pînă la oameni și îngeri care se aflau la vîrf. Toate speciile erau fixe, cu aceleași caracteristici pe care le-au avut de la începutul începutului. Iar în secolele al XVII-lea și al XVIII-lea, cei mai mulți dintre oamenii de știință aderaseră

la ideea preformării, care presupunea că fiecare adult era deja preformat în ou sau în spermă (în funcție de tabăra în care se înscrisese preopinentul respectiv). Această teorie era o barieră pentru dezvoltarea teoriei evoluționiste, dar a fost în scurt timp înlocuită de teoria epigenezei, formulată de Caspar Wolff, care a observat că embrionul nu se dezvoltă dintr-o făptură minusculă gata formată, ci din țesuturi nediferențiate. Apariția teoriei epigenezei a fost primul mare pas necesar pentru a deschide calea unei teorii evoluționiste a originii speciilor.

Al doilea factor care a pregătit calea la finele secolului al XVIII-lea și începutul celui de-al XIX-lea a fost înțelegerea fosilelor și a faptului că acestea reprezintă urme ale unor specii care nu mai există.

În fine, a treia condiție a fost recunoașterea faptului că Pămîntul este foarte, foarte bătrîn. De fapt, James Hutton și Charles Lyell susțineau că formațiunile prezente în scoarța terestră nu ar fi putut lua naștere decît în perioade foarte mari de timp. Aceste intervale temporale erau suficient de mari (Lyell le estima cam la 240 de milioane de ani) pentru ca schimbările evolutive ale speciilor să nu fie observabile la speciile existente. (Chiar așa și stau lucrurile, de fapt: în general, nu putem observa schimbările evolutive la nivelul speciilor în decursul unei vieți.)

Așa încît, pe la începutul secolului al XIX-lea, oamenii de știință au început să adere la ideea unei forme de evoluție. Jean-Baptiste de Monet, cavaler de Lamarck, care a fost unul dintre primii evoluționiști, a sugerat corect că speciile evoluează ca reacție la factorii de mediu. El mai credea și că trăsăturile dobîndite pot fi moștenite de urmași, o idee cu care majoritatea savanților contemporani cu el nu erau de

acord. De exemplu, spunea el, o girafă şi-ar putea lungi şi mai mult gîtul pentru a ajunge la frunzele situate mai sus în copaci şi ar putea transmite urmaşilor ei această trăsătură dobîndită.

ORIGINEA SPECIILOR

La întoarcerea din expediția cu *Beagle* în 1836, Darwin a fost tulburat de observațiile pe care le făcuse, şi totuşi nu era pregătit să tragă concluzii despre evoluția speciilor. În cele din urmă, în luna mai a anului 1837 a început să-şi noteze într-un caiet dovezile privind transmutația. Apoi, în 1838 a dat peste cartea *Eseu asupra legii populației* a economistului englez Thomas Robert Malthus (1766–1834), publicată încă din 1798. Fără să aibă nici o legătură cu biologia, eseul lui Malthus susținea că populația creşte în progresie geometrică (2, 4, 8, 16, ...), în vreme ce mijloacele de subzistență cresc în progresie aritmetică (1, 2, 3, 4, ...). Prin urmare, spunea el, forțele de selecție naturală – cum ar fi suprapopularea, bolile, războaiele, sărăcia şi viciile – îi elimină pe cei mai puțin apți. Supraviețuiesc doar cei mai bine adaptați.

În însemnările sale, Darwin folosise cuvintele *descendență* şi *modificare*. Acum, mulțumită lui Malthus, dispunea de un nou termen pentru a descrie procesul ale cărui dovezi le observase: *selecție*. Iată ce scria el acum: „S-ar putea spune că există o forță care acționează ca o sută de pene ce încearcă să forțeze toate felurile de structuri adaptate în golurile economiei naturii, sau mai degrabă să formeze astfel de nişe prin eliminarea celor mai slabe."

COPE ŞI MARSH: VÎNĂTORII DE OASE RIVALI

Un grup de căutători de oase finanțați de Othniel Marsh. În anii 1880, Marsh şi Edward Cope s-au întrecut în găsirea unui număr cît mai mare de fosile în regiunile vestice şi central-vestice ale Statelor Unite

Fosilele de dinozauri – fragmente uriaşe de oase fosilizate provenind de la craniile şi scheletele unor creaturi moarte cu milioane de ani în urmă – ofereau unul din tipurile cele mai spectaculoase de dovezi pentru afirmația lui Darwin că Pămîntul este foarte bătrîn şi că speciile s-au schimbat de-a lungul timpului. Iar pe la mijlocul secolului al XIX-lea, vestul şi regiunea central-vestică a Americii s-au dovedit un adevărat paradis pentru paleontologii aflați în căutare de oase de dinozauri. Doi dintre cei mai renumiți şi mai respectați dintre „vînătorii de oase" americani au fost Edward Drinker Cope (1840–1897) şi Othniel C. Marsh (1830–1899). Săpînd prin vestul Americii cu o înverşunare feroce, cei doi au adunat un număr uluitor de oase de dinozaur, au publicat sute de articole şi au îmbogățit colecțiile a numeroase muzee. Totuşi,

nimic din toate acestea nu s-a făcut într-un spirit de cooperare. Marsh şi Cope se urau şi s-a spus adesea că şi-au organizat expedițiile mai degrabă ca pe niște raiduri de asalt decît ca niște expediții științifice atent planificate.

Nici una dintre părțile angrenate în conflict nu putea fi considerată „inocentă". Cope era bogat, egoist, belicos şi de multe ori – aşa cum striga Marsh acuzator – necinstit. Marsh, la rîndul lui, era bogat, egoist, belicos şi de multe ori – aşa cum striga Cope acuzator – necinstit! Mulți contemporani de-ai lor erau mulțumiți că cei doi indivizi se urau atît de mult şi îşi petreceau cea mai mare parte a timpului încercînd să se pună reciproc în inferioritate. Faptul că îşi concentrau personalitățile neplăcute şi activitățile lipsite de scrupule unul asupra celuilalt îi scutea pe ceilalți de multe neplăceri.

Cel puțin o parte din timp. Odată, pe cînd se afla în vizită la Cape Cod, Cope a urmărit de la distanță cum o echipă de savanți de la Universitatea Harvard a muncit o zi întreagă pentru a curăța carnea putrezită de pe scheletul unei balene uriaşe care eşuase pe țărm. Scheletul gigantic era pregătit pentru a fi trimis la Muzeul Agassiz de la Harvard. După ce oamenii de știință şi-au terminat treaba, au încărcat oasele pe platforma unui vagon de cale ferată şi au plecat să se odihnească. Cope a ieşit din ascunzătoare şi l-a mituit pe şeful de gară să schimbe destinația de pe foaia de însoțire de la muzeul din Harvard la propriul său muzeu din Philadelphia, Pennsylvania. Au trecut cîțiva ani pînă cînd echipa de la Harvard a descoperit cum s-a rătăcit scheletul de balenă.

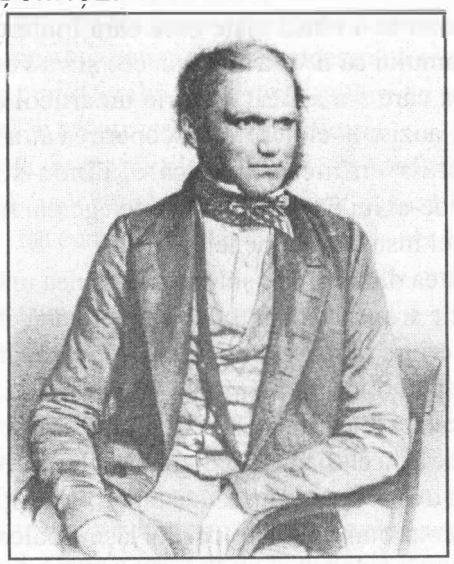
Totuşi, majoritatea manevrelor incorecte ale lui Cope erau făcute în detrimentul lui Marsh, care îi plătea cu aceeaşi monedă. Tipic pentru felul cum se comportau unul față de celălalt a fost momentul în care Cope s-a înțeles cu un vînător

de oase amator să-i vîndă niște oase care-l interesau. Cope i-a promis omului că îi va trimite un cec şi va veni să ridice oasele, după care s-a apucat să scrie un articol despre ele. Marsh, care auzise şi el despre descoperirea amatorului, i-a trimis acestuia un mesaj prin care, dîndu-se drept un colaborator de-al lui Cope, a anulat înțelegerea. Apoi Marsh a cumpărat el însuşi specimenele.

Rivalitatea dintre Cope şi Marsh devenea uneori atît de absurdă încît arunca paleontologia americană într-o reală confuzie. Nefiind dintre cei mai meticuloşi savanți, cei doi se grăbeau să publice cît mai rapid şi, dat fiind că amîndoi acopereau cam acelaşi teritoriu, de multe ori descopereau aceeaşi specie în acelaşi timp, denumind-o fiecare după placul său – ceea ce a avut drept consecință faptul că mulți dinozauri au avut cîte două nume diferite, cei doi lăsînd paleontologilor de după ei sarcina de a face ordine.

Cu toate că şi-au desfăşurat o bună parte a activității într-o manieră nedelicată şi adesea neştiințifică (Cope avea obiceiul să-şi dinamiteze locurile de cercetare după ce termina treaba, astfel încît nimeni să nu poată veni după el şi să găsească ceva ce i-ar fi putut scăpa lui!), cei doi paleontologi-pirați au descoperit şi au denumit peste 1718 noi genuri şi specii de animale fosile din vestul Americii.

În cele din urmă, Darwin a elaborat ideea selecției naturale a speciilor, un concept cunoscut şi sub formularea „supraviețuirea celui mai bine adaptat". Cu alte cuvinte, acei indivizi dintr-o specie care sînt cel mai bine adaptați pentru a se reproduce sînt cei care îşi transmit cu succes caracteristicile generațiilor ulterioare (chiar dacă aceşti „cei mai bine adap-



Charles Darwin la vîrsta de 40 de ani

taţi“ nu sînt în mod necesar cei mai puternici sau cei mai buni). Pentru Darwin, ideea începea să se închege. În adevărata tradiție a lui Francis Bacon, el pornise la drum fără idei preconcepute cu privire la ceea ce avea să descopere, adunase dovezi numeroase, iar acum îşi petrecea timpul reflectînd asupra lor şi analizîndu-le. În 1842 el a început să scrie un rezumat de 1500 de cuvinte. Pînă în iulie 1844 scrisese un eseu de 15 000 de cuvinte pe care l-a arătat prietenului său, botanistul Joseph Dalton Hooker (1817–1911).

În acelaşi an, Robert Chambers a publicat o carte intitulată *Vestiges of the Natural History of Creation* („Vestigii ale istoriei naturale a creației“) în care propunea o teorie a evoluției care l-a intrigat pe Darwin. Deşi cartea lui Chambers s-a bucurat de popularitate, autorul nu oferea nici

o explicație pentru evoluție şi nu a lucrat cu atenție, comițînd multe erori care l-au discreditat față de majoritatea oamenilor de ştiință.

Hotărît să se asigure că propria sa operă va fi atît de completă şi de bine documentată încît să nu i se poată reproşa nimic, Darwin s-a angajat într-un studiu de opt ani al fosilelor şi formelor vii de crustacee marine. A examinat 10 000 de specimene, publicînd patru monografii în legătură cu activitatea sa între anii 1851 şi 1854. A fost o muncă epuizantă şi meticuloasă, dar la capătul ei Darwin a simțit că este îndreptățit să se considere nu doar colecționarul şi observatorul care se urcase la bordul lui *Beagle*, ci un naturalist adevărat, cu experiență.

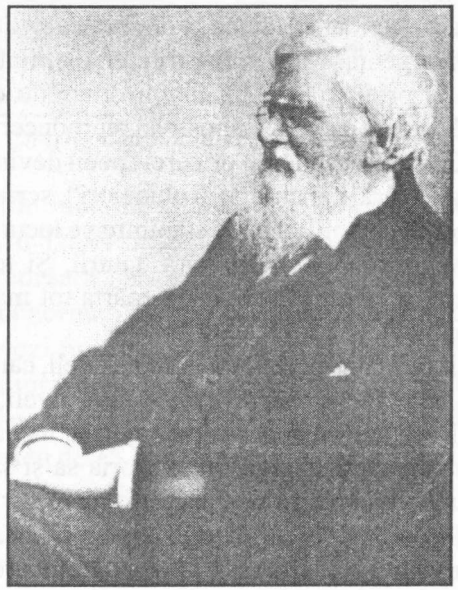
În această perioadă a ajuns la o idee esențială, şi anume ideea de divergență. Cum ajung diferențele dintre varietăți să fie atît de pronunțate încît devin diferențe care separă speciile – diferențe care fac imposibilă reproducerea în cadrul speciei? „Cu cît descendenții oricărei specii devin mai diversificați în structură, constituție şi obiceiuri“, scria el, „cu atît mai mult vor fi capabili să pună stăpînire pe locuri mai multe şi mai diversificate“ din structura naturii. Şi tocmai acea diversificare, acea ramificare îi îndepărta tot mai mult față de specia inițială.

Între timp s-a împrietenit cu Charles Lyell, care la început i-a respins ideile despre evoluție. Acum, Lyell, Hooker şi fratele lui Darwin, Erasmus, îl încurajau să înceapă să scrie o carte care să contureze definitiv teoria sa şi să furnizeze toată documentația pe care o putea aduna în sprijinul ei. Şi Darwin a început să scrie. „Lucrez din greu la cartea mea“, îi scria el unui văr în februarie 1858, „poate că prea din greu. Va fi foarte mare; şi am devenit extrem de interesat de felul în care faptele se încadrează în grupuri... Doresc să scriu o

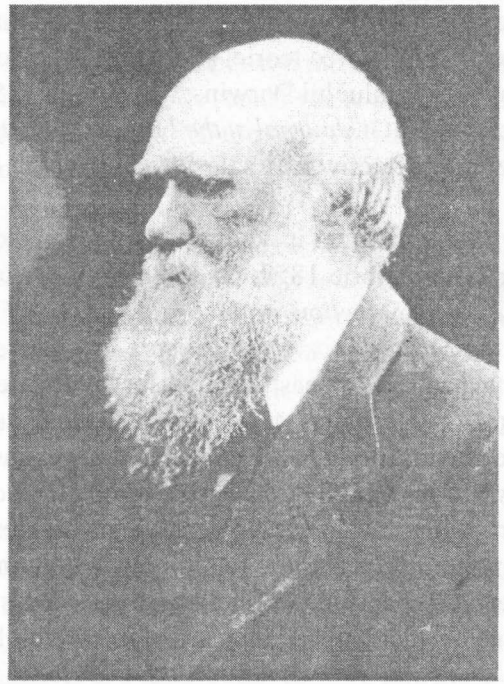
carte cît mai desăvîrşită cu putință. Nu o voi trimite la tipar decît cel mai curînd peste cîțiva ani."

SCRISOARE DIN MALAYSIA

Dar „marea carte" a lui Darwin nu avea să fie definitivată niciodată. Cînd apucase să aştearnă pe hîrtie circa 250 000 de cuvinte, pe 18 iunie 1858 a primit o uluitoare scrisoare de la un coleg naturalist care lucra în Malaysia. Acesta îl ruga să citească eseul alăturat şi, dacă îl consideră ca avînd oarecare merite, să-l transmită mai departe. Eseul, care trata „tendința varietăților de a se diferenția nedefinit față de tipul



Alfred Russel Wallace, care, bazîndu-se pe propriile observații, a ajuns independent şi în mare măsură la aceleaşi idei despre evoluție ca şi Darwin



Darwin sexagenar, la circa cincisprezece ani după publicarea lucrării Originea speciilor

originar", scris de Alfred Russel Wallace (1823–1913), schița aceeaşi teorie la care Darwin lucra de douăzeci de ani! Asemănarea era stranie.

Complet descumpănit, Darwin le-a cerut sfatul lui Lyell şi Hooker, care au sugerat ca el să explice situația penibilă lui Wallace şi să-i propună o anunțare în comun a teoriei, cu împărțirea priorității. Darwin a procedat conform sugestiei şi a fost încîntat să afle că Wallace accepta cu mare bucurie ca anunțul să fie făcut în comun. De fapt, mai tînărul său

coleg investise mult mai puțin timp și făcuse mult mai puține eforturi pentru elaborarea teoriei și, în plus, avea de profitat de pe urma prestigiului lui Darwin. Așa încît, în 1858, eseul lui Wallace a apărut în *Journal of the Linnean Society*, însoțit de un rezumat al activității sale întocmit chiar de către Darwin.

Darwin și-a publicat în volum versiunea prescurtată a lucrării la 24 noiembrie 1859: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* („Despre originea speciilor prin selecție naturală sau păstrarea raselor favorizate în lupta pentru viață"). (De obicei se menționează doar variantele mai scurte ale titlurilor, *On the Origin of Species* sau *Origin of Species*.) Întreg tirajul de 1250 de exemplare al cărții s-a vîndut din prima zi. Chiar și în această formă prescurtată, cartea constituie un argument foarte lung și convingător în favoarea evoluției, sprijinit de numeroase exemple, și a reușit să convingă de adevărul său un mare număr de biologi.

ORIGINEA OMULUI

Dar, deși majoritatea oamenilor de știință au acceptat teoria evoluționistă a lui Darwin și Wallace, precum și ideea de selecție naturală, marele public nu s-a grăbit să îmbrățișeze aceste idei. Mulți au considerat darwinismul ca fiind o concepție ateistă – și, de fapt, însuși Darwin a luptat îndelung și din greu cu această chestiune. Dacă organismele se adaptau prin procesul mecanic al selecției naturale, unde mai era rolul lui Dumnezeu în crearea sau continuarea dezvoltării lumii și a viețuitoarelor sale?

Și unii oameni de știință și-au exprimat vehement dezacordul. Richard Owens, un reputat geolog de la Oxford, și

Louis Agassiz de la Harvard, din Statele Unite, s-au numărat printre cei mai îndîrjiți opozanți din lumea științifică. Adam Sedgwick, un geolog de școală veche de la Cambridge, și el un opozant, făcea în 1865 următoarea remarcă despre colegul său Charles Lyell:

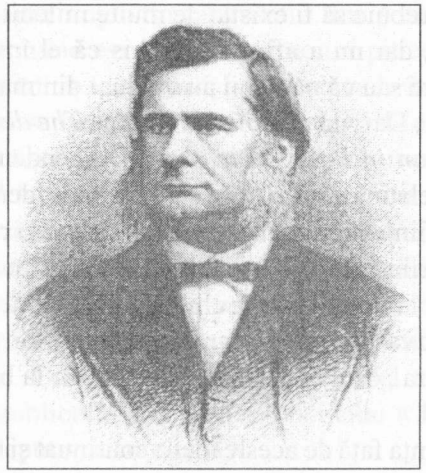
> *Lyell a asimilat întreaga teorie [a evoluției], lucru care nu mă surprinde, căci fără ea, elementele geologiei, așa cum le-a prezentat el, ar fi ilogice... N-au decît să o zugrăvească cum vor, dar eu rămîn la părerea că teoria transformării sfîrșește, în nouă cazuri din zece, în materialism grosolan.*

Pentru majoritatea oamenilor, aspectul cel mai tulburător, în cazul în care speciile evoluau unele din altele, era ideea, evitată neobosit de Darwin în cartea sa, că oamenii ar trebui să aibă un antecesor de origine animală.

Controversa a devenit din ce în ce mai aprinsă. În ziare apăreau caricaturi care îl înfățișau pe Darwin ca pe o maimuță. Eseuri și predici proliferau pretutindeni. Darwin nu-și revenise încă în urma morții premature a fiicei sale Annie și avea probleme cu sănătatea, probleme agravate pe măsură ce controversa se acutiza. În orice caz, nu avea temperamentul necesar pentru a combate nebunia. T.H. Huxley (1825–1895), care citise cu încîntare *Originea speciilor* („Cum de nu m-am gîndit eu la asta?", se întreba el), i-a luat locul la pupitrul de conferințe. Zicîndu-și „buldogul lui Darwin" (lui Huxley îi plăcea la nebunie să susțină o confruntare intelectuală de calitate), el a dezbătut cu ardoare chestiunea evoluției oriunde și oricînd i s-a oferit prilejul.

Caricaturi ca aceasta apăreau în nenumărate periodice în vremea lui Darwin. Aici, gorila, arătînd spre bărbosul Darwin, exclamă: „Omul ăla vrea să-mi fure pedigriul. Zice că e unul dintre descendenții mei." La care domnul Bergh (în centru), fondator al Societății pentru prevenirea cruzimilor față de animale, răspunde: „Bine, domnule Darwin, cum ai putut să-l insulți?"

În fața unui auditoriu de 700 de persoane, Huxley s-a confruntat cu episcopul de Oxford, Samuel Wilberforce (cunoscut pentru manierele sale alunecoase și discursul onctuos), într-o mare dispută în fața Asociației Britanice pentru Progresul Științei. Dar Wilberforce, probabil înzestrat



T.H. Huxley, apărătorul teoriei evoluției și al ideilor lui Darwin despre selecția naturală

de către Owen cu „adevăruri", a pierdut partida în fața publicului victorian atunci cînd a întrebat în derîdere care dintre părinții lui Huxley se cobora din maimuțe, tatăl sau mama.

Huxley a profitat de prilejul favorabil și, pentru că cei veniți acolo doreau să vadă spectacol, el nu era omul care să-i dezamăgească. Așa că a replicat pe un ton calm că mai bine să te tragi din maimuță, decît dintr-un om cultivat care pune o asemenea întrebare într-o dezbatere științifică serioasă. La asta, Wilberforce nu a mai avut replică.

În 1863, Lyell se alătură și el în sfîrșit cauzei cu o carte intitulată *Geological Evidence of the Antiquity of Man* („Dovezi geologice privind vechimea omului"). El s-a pronunțat în favoarea darwinismului, deși mai timid decît i-ar fi plăcut prietenului său. A arătat că oamenii sau ființele

umanoide trebuie să fi existat de multe milenii pe suprafața Pămîntului, dar nu a afirmat deschis că el însuşi crede în transformare sau că oamenii au evoluat din maimuțe.

În 1871, Darwin a publicat lucrarea *The descent of Man and Selection in Relation to sex* („Descendența omului şi selecția în relație cu sexul"), în care susținea ideea că oamenii se trag din ființe pre-umane, producînd dovezi considerabile din cercetările sale. El a arătat că oamenii posedă vîrfuri „reziduale" la urechi şi mușchi care este evident că au fost folosiți cîndva pentru mişcarea urechilor. Un alt exemplu citat de el era „osul codal" sau coccisul de la baza coloanei vertebrale.

Rezistența față de aceste idei a continuat şi în alte domenii – George Bernard Shaw s-a opus şi el darwinismului, aderînd în schimb la lamarckianism şi la ideea de forță vitală mistică. Pînă şi în 1936 H.G.Wells scria *The Croquet Player* („Jucătorul de crochet") în care examina stinghereala resimțită de nobilimea engleză atunci cînd era confruntată cu cunoaşterea „brutei dinăuntru". Dar spre sfîrşitul secolului cei mai mulți s-au lăsat convinşi, cu excepția celor care considerau evoluționismul ca fiind antitetic cu relatarea biblică a creației.

ALTE DOVEZI

Rămîneau totuşi de rezolvat unele probleme. Oare o variație a unui individ, oricît de reuşită ar fi, nu se denaturează în versiunile intermediare, mai puțin reuşite, pe măsură ce se transmite generațiilor ulterioare de urmaşi? Cum poate avea selecția naturală prilejul să opereze vreodată pe variații reuşite?

Un călugăr augustin singuratic din Austria, Gregor Mendel, efectuînd experimente cu soiuri pitice şi înalte de mazăre în grădina mănăstirii, a găsit dovada în deceniile al şaselea şi al şaptelea ale secolului al XIX-lea. Mendel a descoperit că, pentru fiecare trăsătură, un urmaş moştenea în mod egal factori de la ambii părinți. Mai important, el a descoperit că factorii respectivi nu se combină, ci rămîn distincți şi pot fi transmişi, la rîndul lor, necombinați, progeniturilor următoare. Aceasta însemna că selecția naturală dispunea de un răgaz mai mare în care să acționeze asupra unei variații. Din păcate, opera lui Mendel nu a ajuns la cunoştința publicului larg decît atunci cînd a fost redescoperită la începutul secolului XX.

Evoluționismul nu a încetat să se dezvolte. Mulți biologi din secolul XX au îmbogățit teoria inițială a lui Darwin şi Wallace, încorporînd în ea cunoştințele mai noi despre mecanica genetică a mutațiilor şi eredității. Teoriile apărute în legătură cu istoria Pămîntului au contribuit la teoria modernă a evoluției, incluzînd ideea că perioadele de stabilitate a suprafeței terestre au fost întrerupte de momente de schimbări extreme, ultimii susținători ai acestei teorii fiind Stephen Jay Gould şi Niles Eldredge.

Charles Darwin a murit la 19 aprilie 1882, la locuința sa, în urma unui atac de cord. Printre cei care l-au însoțit pe ultimul drum s-au numărat oamenii care l-au susținut pe tărîm ştiințific – Huxley, Wallace, Hooker şi Sir John Lubbock; a fost înmormîntat la Westminster Abbey, alături de sir Isaac Newton şi Sir Charles Lyell. Cu toate acestea, Darwin nu a fost înnobilat de monarhul britanic şi nici nu i s-a dedicat o statuie în muzeul de ceară Madame Tussaud din Londra – probabil ca o măsură de precauție împotriva actelor de

vandalism. Căci acest om liniştit şi aşezat, cu un mare respect pentru legile naturii, a stîrnit la vremea sa extraordinare controverse, care dăinuie pînă în ziua de astăzi. El a ajuns să simbolizeze îndoielile intelectuale ale secolului său – deşi, desigur, nu el le-a creat de unul singur. Ideile lui Charles Darwin despre evoluție nu au fost noi şi nici complete. Dar au reuşit să genereze o revoluție, schimbînd pentru totdeauna felul cum omenirea se înțelege pe sine şi felul cum îşi priveşte locul pe care îl ocupă în universul natural.

MISTERUL DIN NEANDERTHAL

Cînd lucrătorii de la o carieră de calcar din apropierea satului german Neander au dezgropat, în 1856, fragmente de craniu şi de schelet asemănătoare celor omeneşti, ei nu ştiau că au dezgropat totodată un mister nici pînă astăzi elucidat.

Reputatul paleontolog francez Georges Cuvier (1769–1832) susținuse cu fervoare că nici o fosilă a unor strămoşi ai omului nu va fi descoperită vreodată pentru simplul motiv că aceştia nu au existat. Cuvier a fost ceea ce se cheamă astăzi un anti-evoluționist şi cea mai mare parte a lumii ştiințifice de dinainte de Darwin era de acord cu el.

Atunci, cui aparțineau aceste oase stranii – şi stranii erau într-adevăr, cu o calotă craniană masivă şi peste o duzină de fragmente de schelet „deformate" într-un fel ciudat. Cea mai evidentă presupunere pe care a putut-o face primul profesor german care a examinat oasele a fost aceea că ele nu aparțin, categoric, unui german, ci, pesemne, unui individ dintr-un trib nordic de oameni sălbatici din vechime. Rudolf Carl Virchow, cel mai respectat anatomist german, nu credea nici

măcar că erau antice, considerînd că, cel mai probabil, aparținuseră vreunui infirm nefericit, cu craniul foarte deformat şi suferind şi de artrită. Un alt anatomist german, întrebîndu-se probabil despre consecințele rătăcirii unui individ cu o înfățişare atît de ciudată pe teritoriul german, a sugerat că o asemenea persoană ar fi putut fi chiar „anormală" din punct de vedere mental, şi ar fi trăit ca un ermit în peştera în care i-au fost descoperite oasele.

Astăzi, după Darwin şi după ce alte şi alte schelete aşa-numite „de Neanderthal" au fost descoperite în locuri precum Africa de Nord, Franța, Israel şi China, ştim că neanderthalienii, la fel ca multe alte fosile umane, îşi au locul în istoria evoluției omului. Dar încă nu este sigur care anume este acel loc.

Primele portrete ale oamenilor de Neanderthal, bazate în principal pe acea primă descoperire din Valea Neander, înfățişau o creatură greoaie, gîrbovită, cu mers tîrşiit, avînd o inteligență rudimentară – „omul maimuță" din nenumărate filme proaste. Pentru mulți oameni de la sfîrşitul secolului al XIX-lea şi începutul secolului XX, această portretizare a neanderthalienilor ca strămoşi direcți ai lui *Homo sapiens* ridica întrebări tulburătoare în legătură cu „fiara" care zace în noi toți. Paradoxal, primele supoziții legate de grava diformitate de natură artritică a primului specimen din Valea Neander s-au dovedit corecte. Descoperiri mai recente au indicat o statură şi o înfățişare mult mai puțin gîrbovită.

Oamenii de Neanderthal au existat în urmă cu circa 130 000 de ani şi au dispărut cam cu 35 000 de ani în urmă. Erau scunzi şi îndesați; înălțimea medie a bărbaților abia dacă depăşea 1,50 m, iar femeile erau ceva mai scunde. Mergeau în două picioare, îşi făceau unelte şi trăiau în grupuri

sociale. Obiectele de rit găsite pe alocuri în apropierea morților sugerează posibilitatea ca neanderthalienii să-și fi dezvoltat un sistem religios destul de avansat.

Dar misterul persistă: ce legătură au neanderthalienii cu oamenii moderni și de ce au dispărut de pe fața Pământului? Spre sfîrșitul epocii victoriene, majoritatea oamenilor de știință credeau că neanderthalienii au fost strămoșii noștri direcți, dar descoperiri mai recente din secolul XX au arătat că strămoșii noștri direcți – oamenii de Cro-Magnon – au fost contemporani cu oamenii de Neanderthal. Prin urmare, s-au adunat unele întrebări serioase cu privire la relația directă dintre neanderthalieni și noi.

Dar probabil că cel mai mare mister în legătură cu acești oameni ciudați este motivul care a provocat dispariția lor totală în urmă cu circa 35 000 de ani. Să-i fi lichidat sistematic și violent strămoșii noștri direcți, oamenii de Cro-Magnon, cum au sugerat unii? Sau, cum au susținut alții, să se fi amestecat cele două rase prin încrucișare, rezultînd o populație unică? Sau, pur și simplu, asemenea multor altor populații de dinaintea lor, au pierit în îndelungata luptă pentru supraviețuire, rămînînd tot mai puțini pînă cînd au dispărut cu totul?

CAPITOLUL 7

DE LA MACRO LA MICRO: ORGANE, MICROBI ȘI CELULE

Evoluționismul a dominat copios științele vieții din secolul al XIX-lea, dar nu a fost singurul domeniu de cercetare care a cunoscut noi și importante descoperiri. Francezii François Magendie și Claude Bernard au fost pionieri în domeniul fiziologiei, farmacologiei și nutriției experimentale. Ivan Pavlov în Rusia a obținut informații importante despre funcționarea creierului. Louis Pasteur, despre care se spune că ar fi unul dintre cei mai importanți trei biologi din istoria științei, a descoperit informații despre mecanismele care îmbolnăvesc organismele. Iar Theodor Schwann și Matthias Schleiden au descoperit împreună că pentru organismele vii natura are un alt element constitutiv fundamental, situat deasupra nivelului molecular: celula.

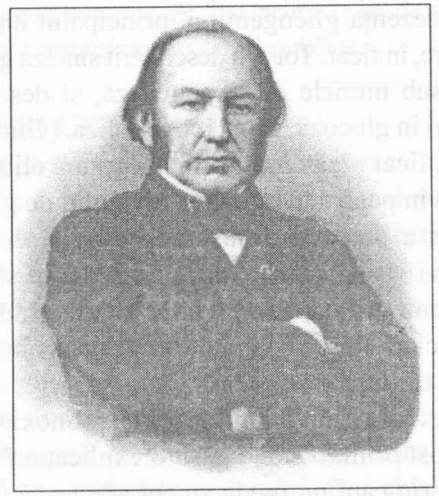
FIZIOLOGIE EXPERIMENTALĂ

Nici o altă trăsătură de caracter nu aduce mai multe beneficii științei decît un puternic spirit iscoditor și pasiunea pentru cunoaștere. Dar, cu toate că François Magendie (1783–1855) a deschis multe căi de cercetare și a făcut pionierat în domenii importante ale fiziologiei experimentale,

atitudinea sa lipsită de sensibilitate față de experimente a stîrnit la vremea lui o imensă controversă, ceea ce probabil că s-ar întîmpla și astăzi. Dîndu-și seama că de multe ori cunoștințele cele mai complete se obțin urmărind țesuturile vii în timpul funcționării lor – mai ales în experiențele pe nervii motori –, el a efectuat adesea experiențele pe organisme vii (de regulă, cîini), ceea ce i-a ridicat împotriva sa pe activiștii care combăteau vivisecția. Descris ca un om irascibil și crud, el vorbea despre propria sa activitate ce despre o „orgie a experiențelor". De multe ori experimenta și cînd nu era cazul, depășind limitele bunei-cuviințe, ceea ce i-a adus o reputație proastă.

Totuși, chiar dacă metodele sale nu erau dintre cele mai plăcute, Magendie a avut realizări științifice temeinice care au extins cunoașterea. Astfel, el a demonstrat funcțiile nervilor spinali, arătînd că rădăcinile anterioare ale nervilor situate pe măduva spinării sînt motoare (transmit mesaje pentru a comanda mișcarea), iar rădăcinile posterioare sînt senzoriale (transmițînd către creier mesaje cu privire la senzații). El a mai investigat și mecanismele curgerii sîngelui, precum și deglutiția și vomitarea. Și tot el a introdus în practica medicală stricnina, morfina, brucina, codeina și chinina, precum și compuși ai iodului și bromului. În orice caz, lucrul pe care l-a făcut probabil cel mai bine a fost să transmită studenților săi pasiunea pentru cercetare, fără să le inoculeze indiferența față de subiecții supuși cercetării.

Claude Bernard (1813–1878) – cunoscut și el pentru activitatea sa în fiziologia experimentală – a devenit asistentul lui Magendie în 1848 și i-a succedat ca profesor în 1855, la moartea acestuia. Bernard este considerat fondatorul fiziologiei experimentale. Spre deosebire de Magendie, Bernard



Claude Bernard, fondatorul fiziologiei experimentale

își planifica experimentele cu grijă și le armoniza, iar contribuțiile sale la dezvoltarea fiziologiei sînt numeroase.

Bernard a studiat digestia prin fistule, canale practicate în pereții stomacali, și astfel a reușit să obțină informații considerabile despre fenomenul chimic al digestiei. L-a interesat echilibrul substanțelor chimice în organism – căutînd întotdeauna explicații biochimice obiective acolo unde alții invocau vitalismul sau misticismul – și a descoperit rolul pancreasului în digestia grăsimilor și funcția glicogenică a ficatului.

Bernard a reușit să demonstreze, contrar opiniei generale, că sîngele animal conține zahăr chiar și atunci cînd zahărul lipsește din alimentație. El a descoperit că animalele convertesc alte substanțe în glucoză (sau zahăr), prin intermediul ficatului. Folosind metode experimentale, el a reușit să

depisteze prezența glicogenului, principalul hidrocarbonat de depozitare, în ficat. Tot el a descoperit sinteza glicogenului, cunoscută sub numele de glicogeneză, şi descompunerea glicogenului în glucoză, sau glicogenoliza. (Glicogenul este depozitat în ficat pînă cînd devine necesară eliberarea sa în fluxul sangvin pentru menținerea nivelului de glucoză.)

Bernard a detectat de asemenea cum anumiți nervi (numiți nervi vasomotori) controlează fluxul sangvin spre piele, determinînd capilarele să se dilate cînd pielea are nevoie de răcire, şi să se contracte cînd organismul are nevoie să conserve căldura.

Într-un studiu asupra intoxicării cu monoxid de carbon, Bernard a fost primul care a găsit o explicație fiziologică a procesului prin care un medicament afectează organismul. El şi-a dat seama că monoxidul de carbon înlocuieşte moleculele de oxigen din sînge, iar organismul nu poate reacționa îndeajuns de rapid pentru a preveni moartea datorată lipsei de oxigen.

Din nefericire pentru Bernard, în pofida grijii cu care-şi efectua experiențele, soția sa era oripilată de vivisecțiile pe care le făcea şi se certa mereu cu el pe această temă. Ea a făcut donații importante societăților de luptă împotriva vivisecției şi s-a separat legal de el în 1870. Împovărat de probleme financiare, de sănătatea precară şi de certurile familiale (şi cele două fiice ale sale militau împotriva activității lui), Bernard a descris la un moment dat viața de savant ca „un salon superb şi luminat feeric, la care se poate ajunge numai trecînd printr-o bucătărie lungă şi îngrozitoare."

Academia de Ştiințe a Franței i-a decernat lui Bernard marele premiu pentru fiziologie în trei ocazii diferite, iar în

1869 a devenit senator. A fost primul om de ştiință pentru care Franța a organizat funeralii publice.

PAVLOV ŞI CREIERUL

Pentru primii filozofi, creierul reprezenta sediul sufletului rațional, pe care îl posedau numai oamenii, spre deosebire de plante şi animale. În Evul Mediu, învățații credeau că imaginația, rațiunea, bunul-simț şi memoria îşi au locul fiecare în cîte unul dintre cele patru compartimente, sau ventricule, ale creierului.

Renaşterea a adus noi metode de examinare, iar disecția a dezvăluit multe dintre misterele fiziologiei animale (şi umane). Oamenii de ştiință au studiat chiar şi circumvoluțiunile de pe suprafața creierului. Dar abia spre sfîrşitul secolului al XVII-lea, filozoful francez René Descartes, în continuare ataşat multor idei medievale, s-a gîndit chiar să încerce aplicarea principiilor mecanicii newtoniene în fiziologie. Descartes a identificat corpul pineal de la baza creierului ca fiind sediul sufletului rațional al omului, despre care spunea că primeşte mesajele senzoriale şi reacționează la ele controlînd curgerea spiritelor animale prin nervii goi pe dinăuntru. Pe această cale, sufletul rațional dirija mişcarea muşchilor. Aceasta a fost una dintre primele explicații primitive ale acțiunilor reflexe.

Circumvoluțiunile prezente pe suprafața creierului omenesc i-au făcut pe unii anatomişti, printre care şi anatomistul englez din secolul al XVII-lea, Thomas Willis (1620–1675), să creadă că funcții specifice erau localizate în diferite zone ale circumvoluțiunilor. Practica frenologiei s-a dezvoltat pornind de la această idee şi a cunoscut apogeul spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea, fiind supranumită „ştiința minții".

Frenologii susţineau că pot alcătui o hartă a suprafeţei cerebrale localizînd zonele specifice care controlau însuşiri precum lăcomia şi înclinaţia spre distrugere (deasupra urechii), calităţi morale, precum bunăvoinţa şi spiritualitatea (aproape de creştetul capului), şi înclinaţii sociale sau domestice, precum prietenia (aproape de spatele creierului). Despre umflăturile de pe suprafaţa creierului se spunea că sînt corelate cu dezvoltarea relativă a acestor zone diferite ale creierului, iar frenologii susţineau că ar putea să „citească" aceste umflături şi să analizeze astfel caracterul sau personalitatea individului. Frenologia a fost discreditată în general ca ştiinţă pe la jumătatea secolului al XVIII-lea, deşi a mai rezistat ca ştiinţă populară pînă spre sfîrşitul deceniului al treilea al secolului XX.

În orice caz, experienţele efectuate de fiziologii germani Julius Hitzig (1838–1907) şi Gustav Fritsch (1838–1927) au demonstrat pentru prima oară că diferite părţi ale creierului controlează într-adevăr funcţii diferite. Hitzig a efectuat experienţe pe cîini vii, arătînd că stimularea unei anumite regiuni a creierului provoacă contracţia anumitor muşchi. El a mai demonstrat că deteriorarea anumitor porţiuni din creier provoacă paralizia sau atrofierea anumitor muşchi.

Neurologul scoţian David Ferrier (1843–1928) a făcut şi el experienţe în aceleaşi direcţii, pe primate ca şi pe cîini, şi a reuşit să demonstreze că anumite regiuni ale creierului (regiunile motoare) coordonează mişcarea muşchilor şi a altor organe, în vreme ce altele (regiunile senzoriale) primesc senzaţii de la muşchi şi celelalte organe. Ca şi Bernard, Ferrier a întîmpinat opoziţia activiştilor pentru drepturile animalelor din epoca sa, care l-au acuzat de cruzime faţă de animale. Dar el a reuşit să demonstreze în faţa tribunalului (1882) că exista o justificare valabilă pentru aceste experienţe, care

urmăreau să obţină informaţii cruciale cu privire la funcţiile cerebrale.

Fiziologul rus Ivan Pavlov (1849–1936) este cel mai bine cunoscut pentru experienţele sale asupra reflexelor animale şi funcţiilor creierului.

Primele cercetări ale lui Pavlov, pentru care i s-a decernat în 1904 premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină, au investigat fiziologia digestiei şi sistemul nervos autonom. Într-un experiment spectaculos, el a făcut un bypass chirurgical al stomacului unui cîine, astfel încît alimentele consumate de animal coborau pe esofag, dar nu ajungeau în stomac. Destul de ciudat, stomacul a secretat totuşi sucurile gastrice, ca şi cum alimentele ar fi ajuns acolo. Pavlov a tras concluzia că nervii din gură transmit un mesaj creierului, care apoi declanşează reacţia digestivă. El a reuşit să demonstreze acest lucru secţionînd anumiţi nervi şi observînd că, în această situaţie, cîinele poate să mănînce şi (fără nici un bypass) alimentele să ajungă în stomac, fără a declanşa însă secreţia sucului pentru a digera mîncarea. Creierul nu primise mesajul.

Însă Pavlov este cel mai bine cunoscut pentru experienţele sale asupra reflexelor condiţionate (care au influenţat puternic psihologia de orientare fiziologică atît în Germania, cît şi în Statele Unite). Pavlov a constatat că, ţinînd seama că un cîine salivează la vederea mîncării, se poate substitui hrana cu un alt stimul – de exemplu, un clopoţel – şi, atît timp cît stimulul principal (hrana) este asociat cu stimulul secundar (clopoţelul) în perioada de dresaj, cîinele salivează cînd aude clopoţelul. Pavlov a presupus că în cortexul cerebral se dezvoltă noi circuite ale nervilor care permit apariţia acestor reflexe „condiţionate".

NAȘTEREA TEORIEI CELULARE

Astăzi, ideea că organismele vii se compun din celule pare cel mai banal dintre concepte, dar înainte de secolul al XIX-lea, atunci cînd analizau alcătuirea animalelor şi plantelor, majoritatea biologilor nu depăşeau recunoaşterea faptului că organismele vii sînt compuse din ţesuturi şi organe. Încă din 1665, Robert Hooke observase la microscop celulele din coaja stejarului de plută şi, părîndu-i-se că seamănă cu nişte mici încăperi ale mănăstirilor numite celule, le-a dat această denumire structurilor minuscule pe care le observase. Dar nici prin minte nu-i trecea că ceea ce avea în faţa ochilor era o parte a principiului fundamental al vieţii.

Majoritatea primelor observaţii ale celulelor au fost făcute pe plante, acestea fiind mai uşor de văzut deoarece au pereţi celulari mai groşi decît membranele celulare găsite printre celulele animale. Şi, o dată cu perfecţionarea microscoapelor şi a tehnicilor de colorare (folosite pentru punerea în evidenţă a diferitelor structuri, făcîndu-le mai vizibile), oamenii de ştiinţă au făcut tot mai multe observaţii. Dar chiar şi în 1831, cînd Robert Brown a descoperit o mică structură închisă la culoare în centrul celulelor şi a numit-o „nucleu" (de la cuvîntul latinesc *nucleus*, care înseamnă „nucă mică"), nici el şi nici altcineva nu a înţeles semnificaţia acestor structuri minuscule. În 1835, omul de ştiinţă ceh Jan Evangelista Purkinje a arătat că anumite ţesuturi animale, cum ar fi pielea, sînt şi ele alcătuite din celule. Dar nimeni nu i-a acordat prea multă atenţie şi nici el nu a dezvoltat argumentaţia pînă la stadiul de teorie de sine stătătoare.

Totuşi, după numai trei ani, în prima parte a unei lovituri duble, Matthias Jakob Schleiden (1804–1881) a formulat

ideea surprinzătoare că toate ţesuturile vegetale sînt de fapt alcătuite din celule – şi că acestea constituie cărămizile constituente ale naturii pentru întreaga viaţă vegetală. Urmarea a venit în anul următor, cînd Theodor Schwann (1810–1882) a sugerat că toate ţesuturile animale ar fi şi ele compuse din celule şi că oul este o celulă unică din care se dezvoltă un organism, cu alte cuvinte că toate formele de viaţă pornesc de la o singură celulă. Dată fiind contribuţia esenţială a amîndurora, atît Scheliden, cît şi Schwann sînt creditaţi ca întemeietori ai teoriei celulare.

Theodor Schwann, care împreună cu Matthias Jacob Schleiden este creditat pentru dezvoltarea teoriei celulare

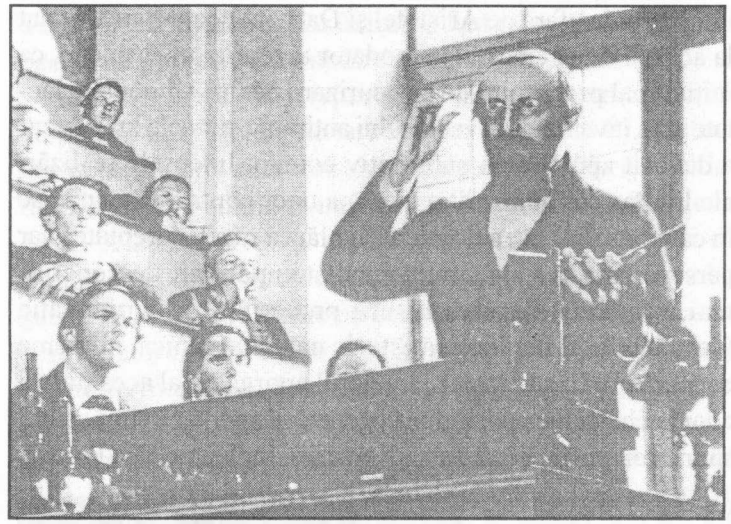
Alţii au perfecţionat detaliile teoriei. Schleiden credea că celulele noi se formează ca nişte muguri pe suprafaţa celulelor existente (lucru pe care rivalul lui Mendel, Karl Wilhelm von Nägeli, l-a demonstrat ca neadevărat). Dar diviziunea celulară a rămas un mister pentru mulţi ani. În 1845, Karl Theodor Ernst von Siebold a extins teoria celulară la fiinţele monocelulare (deşi el credea că organismele pluricelulare sînt alcătuite din fiinţe monocelulare). Iar în anii 1840–1850, Rudolf Albert von Kölliker a demonstrat că spermatozoizii sînt celule şi că fibrele nervoase sînt părţi ale celulelor. Teoria celulară a devenit rapid unul dintre fundamentele principale ale biologiei moderne.

VIRCHOW ŞI PATOLOGIA CELULARĂ

Rudolf Carl Virchow era un om pătimaş. Ca tînăr medic într-o regiune care acum aparţine Poloniei, el s-a exprimat vehement împotriva condiţiilor sociale din zonele în care căuta cauzele unei epidemii de tifos. Era o perioadă de mişcări revoluţionare – era în 1848, anul marilor revoluţii – şi guvernul ultraconservator al Prusiei înăbuşea cu severitate orice disidenţă. Din cauza poziţiei sale, Virchow şi-a pierdut postul de profesor universitar.

Dar cu trei ani în urmă, în 1845, el fusese primul care a descris leucemia, iar acum, cînd era pe jumătate pensionat, avea timp să reflecteze la cauzele bolii. În anul următor a găsit un post în Bavaria, la Universitatea din Würzburg.

După şapte ani a revenit la Berlin ca profesor de anatomie patologică, un domeniu în care a fost deschizător de drumuri, iar în 1858 a publicat *Cellular Pathology* („Patologia celulară"), o carte în care stabilea faptul că teoria celulară se extindea şi asupra ţesuturilor bolnave. Fiind primul specialist



Rudolf Virchow, fondatorul patologiei celulare

în patologie celulară, el a arătat că celulele bolnave descind din celule normale. „Toate celulele provin din celule", îi plăcea să spună, repudiind implicit ideea generării spontane, care susţine că materia vie apare din materia moartă.

Dat fiind trecutul lui Virchow legat de studiul leucemiei şi patologiei celulare, nu este surprinzător că s-a gîndit la boală ca fiind situaţia în care celulele se revoltă împotriva organismului din care fac parte. În consecinţă, el s-a opus teoriei microbiene a lui Pasteur. (Deşi este posibil să se considere cancerul ca fiind un război al celulelor împotriva altor celule, Virchow vedea toate bolile în acest fel.)

TEORIA MICROBIANĂ A LUI PASTEUR

Despre Louis Pasteur (1822–1895), prolificul scriitor Isaac Asimov scria cîndva: „În biologie este îndoielnic că

altcineva, în afară de Aristotel şi Darwin, poate fi menționat la acelaşi nivel cu el". Ca fondator al teoriei microbiene, ca inițiator al procesului de pasteurizare pentru alimentele lactate şi ca inventator al vaccinului antirabic, numele lui Pasteur a devenit aproape un substantiv comun. Imensele realizări ale lui Pasteur au rezultat în urma unor controverse intense în care orgoliul său a dominat (îi plăcea să aibă dreptate), iar perseverența sa a avut drept rezultat importante descoperiri, mai întîi în înțelegerea naturii procesului de fermentație (despre care el susținea că este de natură organică, în vreme ce inamicii săi susțineau caracterul anorganic al acestuia) şi apoi în chestiunea posibilității generării spontane (imposibil, spunea el; posibil, insistau adversarii). În fiecare caz, Pasteur

Louis Pasteur, unul dintre cei mai mari biologi ai tuturor timpurilor, a formulat teoria microbiană, o descoperire de mare importanță nu doar pentru studiul biologiei, dar şi pentru medicină

a cîştigat confruntarea, iar în final a fost recunoscut faptul că bacteriile pot provoca îmbolnăvirea.

Datorită succesului repurtat cu primul său proiect serios cu privire la cristalele de tartrat (vezi Capitolul 2), Pasteur era deja celebru cînd abia împlinise treizeci de ani, chiar dacă nu fusese admis ca membru al Academiei de Ştiințe în 1857. A acceptat totuşi numirea ca decan al Facultății de Ştiințe de la Universitatea din Lille. Acolo, industria vinului şi a berii aveau probleme cu acrirea produselor, aşa că i s-a cerut ajutorul lui Pasteur. Astfel a început el să cerceteze natura fermentației, descoperind că aceasta este cauzată de un anumit tip de organisme vii (o luptă pe care a cîştigat-o împotriva lui Justus von Liebig, care susținuse mereu că fermentația nu este decît o reacție pur chimică, fără amestecul organismelor vii). Problema consta în a lăsa organismele care produceau fermentarea vinului sau a berii să-şi facă treaba, împiedicîndu-le totodată să acționeze pe cele care produceau acidul lactic (acesta determinînd acrirea băuturilor). El a sugerat să se încălzească uşor vinul şi berea pentru a ucide bacteriile „rele", la terminarea fermentării, după care urma îmbutelierea. Acest proces de încălzire uşoară pentru omorîrea microorganismelor nedorite se numeşte astăzi pasteurizare.

Pasteur s-a aplecat apoi asupra altor organisme microscopice în încercarea de a le determina proveniența. Ideea generării spontane persista încă în biologie. Cei care credeau că organismele posedă o esență vitală criticau experiențele care intenționau să demonstreze că generarea spontană nu poate avea loc. Mediul înconjurător nu poate fi ostil vieții, căci viața nu ar mai apărea – spontan sau altfel. Ei obiectau împotriva experiențelor efectuate în secolul trecut de Lazzaro Spallanzani, care încălzea aerul de deasupra recipientelor

conținînd supă de carne, experiențe prin care voia să demonstreze că viața nu poate apărea din non-viață. Prin încălzirea aerului, spuneau ei, Spallanzani distrusese un principiu vital necesar.

Așa încît Pasteur a inventat un balon cu gît lung, pe care l-a sterilizat. Gîtul lung, subțire și curbat al recipientului putea fi lăsat deschis pentru a permite oxigenului să pătrundă în balon, dar canalul era atît de îngust încît sporii care pătrundeau înăuntru erau opriți în regiunea curbă a gîtului. Experiența a reușit. Nici un organism nu a crescut în recipient. Dar Pasteur a fost în măsură să demonstreze că sporii organismelor vii fuseseră prinși în curbura gîtului. Astfel a reușit să îngroape definitiv problema generării spontane. Acum a fost admis în Academia de Științe.

Cînd industria mătăsii din sudul Franței a dat de necaz în 1865, liderii ei l-au chemat pe magician, Pasteur, care a identificat rapid parazitul microscopic care infecta viermii de mătase și frunzele cu care se hrăneau. Distrugeți toți viermii infectați și toată hrana, și luați-o de la capăt, le-a spus el. Așa s-a procedat și industria mătăsii a fost salvată.

Acum Pasteur și-a îndreptat atenția spre cea mai mare realizare a carierei sale: teoria microbiană a bolilor. El a început să-și dea seama că bolile sînt transmisibile și că răspîndirea lor este cauzată de niște microorganisme parazite pe care le-a denumit „microbi". (Știm acum că „microbii" sînt bacterii și viruși – vezi glosarul de explicații.)

Înțelegînd acest lucru, a înțeles și că metoda de transmitere a bolilor poate fi oprită. Curînd a început să îndrume spitalele să folosească tehnica de sterilizare – fierberea instrumentelor și sterilizarea bandajelor – pentru prevenirea infecțiilor și, adesea, a deceselor care se puteau evita.

În anii 1870, Pasteur s-a ocupat de antrax, o boală a animalelor domestice, cel mai adesea mortală și care se transmitea cu mare rapiditate. În 1876, Robert Koch, un tînăr medic din Germania, a descoperit un microb despre care credea că este cauza antraxului. Cu ajutorul microscopului, Pasteur a confirmat descoperirea lui Koch, găsind totodată că sporii microbului sînt foarte rezistenți la căldură și pot supraviețui în sol lungi perioade de timp. O turmă întreagă se putea infecta doar trecînd peste solul infestat. El a recomandat ca animalele să fie omorîte, arse și îngropate la mare adîncime. Apoi a descoperit o metodă de inoculare împotriva antraxului. Nu exista o formă „mai ușoară" a bolii care să poată fi folosită pentru vaccinare, așa cum procedase Edward Jenner atunci cînd se folosise de vaccină pentru protecția împotriva virusului de variolă. Așa încît Pasteur a încălzit niște germeni de antrax, reducîndu-le virulența (capacitatea de infectare), și a vaccinat oile, lăsînd o parte din animale nevaccinate. Oile nevaccinate s-au îmbolnăvit toate de antrax și au murit, spre deosebire de cele vaccinate, care au rezistat. Pasteur obținuse vaccinul împotriva antraxului.

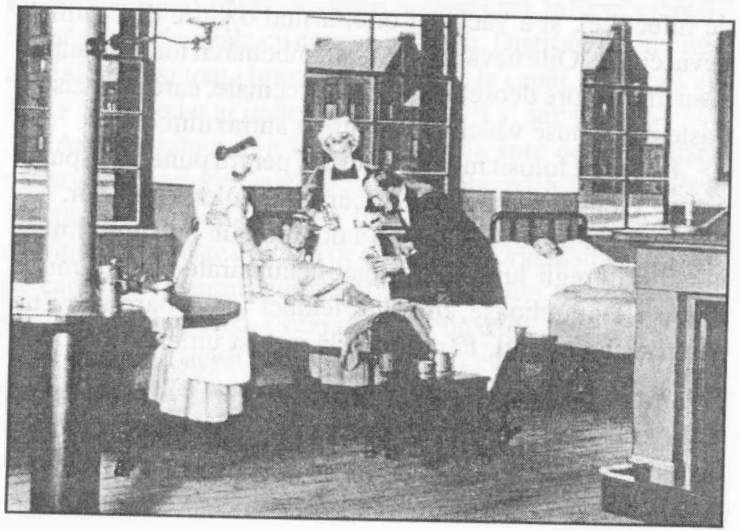
Pasteur a folosit metode similare pentru punerea la punct a unor vaccinuri împotriva turbării și a holerei găinilor.

A murit în 1895, după ce a dobîndit un prestigiu imens în ochii întregii lumi. A cîștigat nenumărate bătălii, multe dintre ele grandioase, folosind tehnici inovatoare și cu un geniu incontestabil. Fără îndoială, a fost un erou al epocii sale și așa a rămas pînă în zilele noastre.

ELIMINAREA MICROBILOR

Pe la mijlocul secolului al XIX-lea, chiar înainte de descoperirile lui Pasteur, cîţiva medici au început să-şi dea seama că boala sau infecţia putea fi purtată de la un bolnav la altul chiar de către doctori, cu toate că nu ştiau care era agentul purtător.

Ignaz Philipp Semmelweiss (1818–1865), un medic ungur care a urmat cursurile Universităţii din Viena şi a lucrat în spitalele de acolo, a manifestat interes pentru un fapt neliniştitor: femeile care năşteau în spitale mureau pe capete din cauza unei boli numită febra naşterii, în vreme ce la femeile care năşteau acasă boala era mult mai rară. El a înţeles că doctorii purtau boala de la o pacienta la alta şi a ordonat tuturor medicilor din subordinea lui să-şi spele mîinile cu o



Baronul Joseph Lister

soluţie chimică puternică atunci cînd treceau de la o pacientă la alta. Doctorii au bombănit – fără doar şi poate neconvenindu-le ideea că ei înşişi provocau îmbolnăvirea pacienţilor, în loc să-i vindece. Dar s-au supus şi incidenţa îmbolnăvirilor de febră a scăzut spectaculos.

Dar în 1849, în Ungaria a avut loc o revoltă nereuşită împotriva Imperiului Austriac (din care făcea parte) şi, fiind ungur, Semmelweiss a fost obligat să-şi părăsească postul din Viena. Medicii vienezi au revenit la vechile lor obiceiuri, sărind peste neplăcuta îndatorire de a se spăla pe mîini, şi numărul de decese pricinuite de febra naşterii a crescut din nou.

Între timp, oriunde lucra, Semmelweiss a continuat să insiste asupra acestui procedeu şi a reuşit să reducă rata deceselor ca urmare febrei naşterii la pacienţii de sub îngrijirea sa la 1%. El putea să susţină că spălatul pe mîini avea efecte pozitive, dar nimeni nu demonstrase că acest lucru se datora distrugerii unor germeni periculoşi prin spălare. Ca o ironie a sorţii, Semmelweiss a murit de febra naşterii de la o rană pe care şi-a provocat-o fără să vrea singur în timp ce se ocupa de o pacientă, dar el a netezit calea pentru un alt medic cu spirit de observaţie, englezul Joseph Lister.

Pe Joseph Lister (1827–1912) îl interesau amputările – o metodă care promitea să salveze viaţa bolnavilor în multe împrejurări, cum ar fi instalarea unei gangrene. Dar mult prea des – în 45% din cazuri – doctorii îşi duceau operaţia la bun sfîrşit numai ca să constate că pacienţii mureau după aceea din pricina infecţiei. În 1865 el a auzit de cercetările lui Pasteur asupra bolilor provocate de microorganisme şi a avut ideea de a omorî germenii prin tratament chimic. A început prin folosirea unei soluţii antiseptice numită acid carbolic

(fenol) la curățirea instrumentelor în 1867. De asemenea, pulveriza substanța în sălile de operații și a insistat asupra spălării pe mîini și a folosirii șorțurilor curate. Rata deceselor chirurgicale a scăzut de la 45 la 15 procente. Joseph Lister a întemeiat tehnica chirurgicală antiseptică și a ucis germenii.

Apoi un chirurg american numit William Stewart Halsted (1852–1922) a dus conceptul de antiseptic un pas mai departe. Ce-ar fi să se pună un scut între germenii purtați de medici sau de infirmiere și pacienții acestora? Așa încît în 1890 Halsted a devenit primul chirurg important care a folosit mănuși de cauciuc în timpul operațiilor. Mănușile puteau fi sterilizate mult mai temeinic decît pielea omenească; ele puteau fi supuse la temperaturi înalte și la substanțe chimice caustice care eliminau prezența chiar și a germenilor celor mai îndărătnici. Purtarea mănușilor de cauciuc a instituit prima utilizare a tehnicii chirurgicale aseptice (în care germenii nu sînt doar uciși în sălile de operații, ca în tehnica antiseptică, ci sînt absenți).

Experiența lui Semmelweiss și teoria microbiană a lui Pasteur au creat fundamentul pe care Lister și Halsted au putut să construiască mai departe. În consecință, medicii și-au modificat practicile din sălile de operații și multe mii de vieți au fost salvate.

ROBERT KOCH: DESCOPERIREA CAUZELOR BOLILOR

Pe la începutul anilor 1870, Robert Koch (1843–1910), un tînăr medic dintr-un orășel german, a dat curs chemării venite din partea fermierilor pentru a ajuta la combaterea temutei epidemii de antrax care le distrugea cirezile de vite. Inspirat de teoria microbiană a lui Pasteur, Koch a fost încîntat de prilejul care se ivise de a descoperi cauza unei boli, nu doar de a-i trata simptomele. El și-a organizat acasă un mic laborator și a început să cerceteze probele de sînge de la vitele infectate care muriseră de antrax. În timp ce se uita la probe prin lentilele microscopului, a depistat niște bacili în formă de bețișoare pe care i-a bănuit că ar fi vinovații. (Bacilii sînt niște bacterii – vezi glosarul.) El a început să studieze întregul ciclu de viață al bacililor, infectînd șoareci cu această boală și trecînd bacilii de antrax (din sîngele unui animal infectat) de la un șoarece la altul pe parcursul a 20 de generații. Cu puțin timp înainte, botanistul german Ferdinand Cohn observase că bacilii formează spori și sînt foarte rezistenți la temperaturi înalte, iar acum Koch a descoperit că bacilul de antrax formează spori și că, așa cum a constatat și Pasteur, poate supraviețui în sol mulți ani. Koch a reușit să determine întregul ciclu de viață al bacilului, iar Cohn a sprijinit cu entuziasm publicarea rezultatelor sale.

Printre numeroasele contribuții ale lui Koch la înțelegerea tot mai largă a cauzelor bolilor infecțioase se numără și stabilirea unor reguli de identificare a agentului care provoacă o anumită boală. Cercetătorul, spunea el, trebuie să localizeze microorganismul suspectat în animalul bolnav, apoi să crească o varietate pură a acestuia în laborator. Pe

urmă, agentul obținut prin cultură trebuie să provoace boala atunci cînd este introdus într-un animal sănătos. Iar cercetătorul trebuie să găsească același tip de bacterii în animalele nou-îmbolnăvite, ca și cele găsite în animalul inițial.

Pornind de la acest triumf legat de antrax, Koch a continuat prin găsirea unor metode ameliorate de creștere a unor culturi pure de bacterii (folosind un mediu gelatinos numit agar-agar, compus din alge marine, și un vas pentru culturi inventat de asistentul său, Julius Richard Petri). El a reușit de asemenea să descopere bacilul holerei și, în 1882, bacilul tuberculozei, cauza bolii cu același nume. Din nefericire, în căutarea unui tratament pentru această boală a repurtat un eșec, deși la un moment dat a crezut că a reușit.

În 1905, Koch a primit premiul Nobel în medicină sau fiziologie, în principal pentru descoperirea cauzelor tuberculozei.

EPILOG

Din fericire, știința, asemenea naturii căreia îi aparține, nu este limitată nici în timp, nici în spațiu. Ea aparține întregii lumi, nu unei țări și nici unei epoci. Cu cît cunoaștem mai multe, cu atît mai mult ne dăm seama de ignoranța noastră; cu atît mai mult ne dăm seama cît de mult a rămas necunoscut...

Humphry Davy
30 noiembrie 1825

Secolul al XIX-lea a reprezentat o epocă gigantică în istoria științei, o perioadă în care descoperiri esențiale au deschis spre explorare noi lumi – lumile teoriei atomice și a zeci de elemente noi; a termodinamicii, electricității și magnetismului; a unor specii diverse, în evoluție, și a oaselor de dinozauri; a celulelor de plante și de animale și a microorganismelor patologice. Noi instrumente și metode, precum electroliza și spectroscopia, au furnizat cheile către descoperirea elementelor, a stelelor și a universului. Savanții au învățat unii de la alții (așa cum Faraday a învățat de la Davy și Maxwell de la Faraday), au concurat unii cu alții pentru prioritate (cum a făcut Davy aproape cu toată lumea), au

fost binevoitori unii faţă de ceilalţi (ca în cazul lui Darwin şi Wallace) şi s-au contrazis asiduu (cum a făcut Huxley cu Lyell şi cu alţii). A fost o epocă în care ştiinţa şi-a intrat în sfîrşit în drepturi ca profesie.

Dar spre finele secolului, structura însăşi a ştiinţei era pe cale să se schimbe. Ceea ce pentru Dalton, Faraday, Le Verrier, Maxwell şi Helmholtz păruse a fi căutarea nobilă a absolutului, a adevărurilor supreme, era pe punctul de a se transforma radical. În ultimul deceniu al secolului, cînd o nouă generaţie se pregătea să preia cîrma – generaţia lui Max Planck, Ernest Rutherford, Marie Curie, Wilhelm Roentgen, Niels Bohr şi Albert Einstein –, cîteva elemente absolute păreau ferme: mecanica newtoniană cu spaţiul său tridimensional şi timpul liniar, legile termodinamicii, undele electromagnetice ale lui Maxwell în eterul omniprezent. Dar zorii secolului XX aveau să aducă o transformare extraordinară, uluitoare pentru toate acestea. Pînă atunci, doar vîrful aisbergului ştiinţei fusese atins.

Cînd Max Planck a început studiul ştiinţei spre sfîrşitul anilor 1870, unul dintre profesorii săi l-a sfătuit să nu se dedice acestui domeniu în care, în afară de cîteva detalii rămase neexplicate, toate descoperirile importante fuseseră deja făcute. Dar, aşa după cum s-a văzut, cuvintele pe care Humphry Davy le-a rostit în 1825 au rămas valabile şi la sfîrşitul secolului, aşa cum au rămas valabile şi astăzi.

ANEXA 1

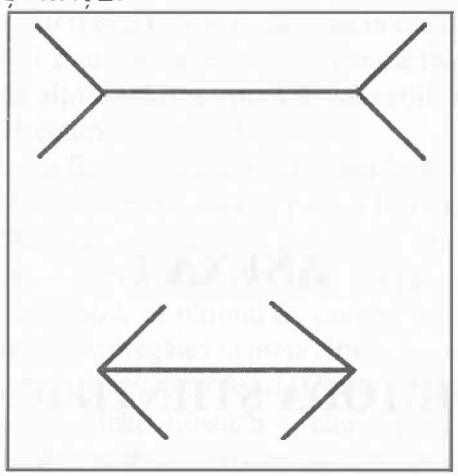
METODA ŞTIINŢIFICĂ

... o dată ce ochii ni s-au deschis... nu ne mai putem întoarce la vechea viziune asupra lumii... Dar în fiecare revoluţie a gîndirii ştiinţifice, cuvinte noi sînt atribuite vechii muzici, iar ceea ce a dispărut mai devreme nu este distrus, ci readus în centrul atenţiei.

A. S. Eddington

Ce este ştiinţa? Prin ce diferă ea de alte tipuri de gîndire? Şi ce fel de oameni sînt savanţii? Cum gîndesc ei şi ce vor să spună cînd discută despre „activitatea ştiinţifică"?

Ştiinţa nu înseamnă numai eprubete sau aparate ciudate. Şi nici doar broaşte disecate ori denumiri de specii de plante. Ştiinţa este un mod de gîndire, o modalitate vitală, în permanentă evoluţie, de a privi lumea. Este o modalitate de a descoperi cum funcţionează lumea – o modalitate aparte,



Aparenţele pot fi înşelătoare: aceste două linii au aceeaşi lungime

care foloseşte un set de reguli închipuite de oamenii de ştiinţă pentru a-i ajuta să-şi descopere totodată propriile greşeli.

Oricine ştie cît este de uşor să greşim cu privire la ceea ce vedem, auzim sau percepem într-un fel sau altul. Dacă nu sînteţi convinşi, priviţi cele două linii orizontale din figura de mai sus. Prima arată ca o săgeată bi-direcţională. Cealaltă are vîrfurile săgeţilor inversate. Care dintre ele credeţi că este mai lungă (fără să includeţi şi vîrfurile săgeţilor)? Acum măsuraţi-le pe amîndouă. Întocmai, cele două linii au exact aceeaşi lungime. Deoarece este atît de uşor să ne înşelăm cînd facem observaţii şi tragem concluzii, oamenii au pus la punct un sistem, numit „metodă ştiinţifică", pentru întrebarea „Cum pot să fiu sigur?" Dacă v-aţi dat osteneala ca într-adevăr să măsuraţi cele două linii din exemplul nostru, în loc să ne credeţi pe cuvînt că liniile au aceeaşi lungime, atunci înseamnă că gîndiţi ca un om de ştiinţă. Şi anume, vă testaţi

propriile observaţii. Verificaţi informaţia pe care v-am dat-o, conform căreia cele două linii „au exact aceeaşi lungime", folosindu-vă în acest scop de unul dintre cele mai puternice instrumente ale ştiinţei: aţi cuantificat sau măsurat liniile.

Cu circa 2400 de ani în urmă, filozoful grec Aristotel a afirmat că atunci cînd două obiecte de greutăţi diferite sînt lăsate să cadă de la o anumită înălţime, cel mai greu va lovi primul solul. Era o argumentaţie de bun-simţ. În definitiv, oricine doreşte să facă un test poate face o „observaţie" şi să constate că dacă laşi să cadă simultan o frunză şi o piatră, piatra va ateriza prima. Încercaţi şi singuri în camera dumneavoastră, cu o foaie de hîrtie şi un prespapier. Totuşi, nu mulţi au fost grecii care au făcut un asemenea test. De ce să se mai complice cînd răspunsul era deja cunoscut? Şi, fiind ei nişte filozofi care credeau în puterea minţii umane de a *rezolva prin raţionament* astfel de probleme, fără a mai fi nevoie să recurgă la „teste", au considerat că o asemenea îndeletnicire ar fi inacceptabilă din punct de vedere intelectual şi social.

Cu secole mai tîrziu, Galileo Galilei, un italian genial căruia îi plăcea să rezolve singur problemele care-l preocupau, a făcut totuşi nişte teste. Asemenea oamenilor de ştiinţă de azi, el nu s-a mulţumit să observe obiectele în cădere. Folosindu-se de două bile de greutăţi diferite, de un dispozitiv de măsurare a timpului şi de un plan înclinat, sau o rampă, el a lăsat bilele să se rostogolească pe rampă şi le-a *măsurat* cu atenţie mişcarea. Şi a făcut asta nu o dată, ci de mai multe ori, înclinînd planul la diferite unghiuri. Rezultatele obţinute de el, care şi astăzi continuă să agreseze bunul-simţ al multor oameni, demonstrează că, dacă neglijăm rezistenţa aerului, toate obiectele lăsate să cadă de la aceeaşi înălţime vor ajunge la sol în acelaşi timp. Într-un vid perfect (care nu

putea fi creat pe vremea lui Galilei), toate obiectele ar cădea cu aceeaşi viteză! Puteți efectua şi singuri un test aproximativ în acest sens (deşi nu este în nici un caz un experiment precis), mototolind o foaie de hîrtie şi dîndu-i drumul să cadă în acelaşi timp cu prespapier-ul.

Experimentele lui Galilei (pe care le-a consemnat meticulos, pas cu pas) şi concluziile pe care le-a tras pe baza acestor experimente demonstrează un alt atribut important al ştiinței. Oricine doreşte poate dubla experimentul şi chiar să verifice rezultatele sau, căutînd erori sau deficiențe ale experimentului, să demonstreze că acesta este eronat, parțial sau în întregime. Nimeni nu a demonstrat vreodată că Galilei s-a înşelat. Şi după mulți ani, cînd a fost posibil să se creeze incinte vide (deşi experimentele sale au fost îndeajuns de corecte ca să convingă pe toată lumea cu mult înainte de asta), concluziile sale au trecut proba testelor.

Galilei a arătat nu doar că Aristotel s-a înşelat. El a demonstrat cum, prin observație, experiment şi cuantificare, Aristotel, dacă ar fi dorit, ar fi putut să-şi dovedească sieşi că s-a înşelat – şi în felul acesta să-şi schimbe opinia! Mai înainte de orice, metoda ştiințifică este o modalitate de a te împiedica să te amăgeşti – sau să îngădui naturii (ori altora) să te amăgească.

Firește, ştiința înseamnă mai mult decît observație, experiment şi prezentarea rezultatelor. Nimeni nu mai poate citi azi un ziar sau o revistă fără să înțeleagă rapid că ştiința debordează de „teorii". „UN ASTRONOM DE LA OBSERVATORUL X A GĂSIT NOI DOVEZI CARE PUN SUB SEMNUL ÎNTREBĂRII TEORIA RELATIVITĂȚII", spune o revistă. „SISTEMUL ŞCOLAR DIN STATUL Y CONDAMNĂ CĂRȚILE CARE ACCEPTĂ FĂRĂ NICI UN DUBIU TEORIA EVOLUȚIONISTĂ A LUI

DARWIN", relatează un ziar. „REZULTATE NOI ŞI BIZARE ALE TEORIEI CUANTICE CARE SPUN CĂ S-AR PUTEA CA NOI SĂ NU EXISTĂM!" strigă o altă publicație. Ce e cu povestea asta numită *teorie?*

Puțini oameni de ştiință mai pretind azi că folosesc „metoda ştiințifică" complet „detaşată" şi obiectivă propusă de filozoful Francis Bacon şi de alții în zorii revoluției ştiințifice din secolul al XVII-lea. Această „metodă", în forma ei cea mai simplă, sugerează că, în încercarea de a răspunde la întrebările puse de natură, cel care cercetează secretele naturii trebuie ca, obiectiv şi fără prejudecăți, să observe, să experimenteze şi să adune datele despre fenomene. „Nu fac nici un fel de ipoteză", anunța Isaac Newton după ce a demonstrat legea universală a gravitației, atunci cînd unii au sugerat că el ar putea să aibă o idee despre *ce este gravitația*. Istoricii au remarcat că, de fapt, Newton avea cîteva idei, sau „ipoteze", cu privire la posibila natură a gravitației, dar în general le-a ținut numai pentru sine. Din punctul de vedere al lui Newton se făcuseră deja prea multe ipoteze şi prea puțină atenție se acordase adunării atente a faptelor şi cifrelor verificabile.

Cu toate acestea, astăzi ştim că oamenii de ştiință nu respectă întotdeauna căile simple şi limpezi trasate de „metoda ştiințifică". Uneori, fie înainte, fie după desfăşurarea experimentelor, un savant are o idee sau o „intuiție" (cu alte cuvinte, o ipoteză nu tocmai bine pusă la punct) care sugerează o nouă abordare sau o cale diferită de rezolvare a problemei. Atunci respectivul om de ştiință va desfăşura experimentele şi va aduna date în încercarea de a demonstra sau de a contesta această ipoteză. Uneori cuvîntul *ipoteză* este folosit cu uşurință în conversațiile cotidiene, dar pentru

ca o ipoteză să fie valabilă din punct de vedere științific trebuie să înglobeze o anumită cale prin care să se poată dovedi că e falsă dacă, într-adevăr, este falsă. Cu alte cuvinte, trebuie să fie „falsificabilă".

Nu toți oamenii de știință desfășoară ei înșiși experimentele. De exemplu, majoritatea teoreticienilor își expun argumentația cu ajutorul matematicii. Dar ipotezele, pentru a fi luate în serios de comunitatea științifică, trebuie să conțină întotdeauna semințele „falsificabilității" prin experiment și observație.

Pentru a deveni teorie, o ipoteză trebuie să treacă prin mai multe teste. Trebuie să fie verificată prin experimente, efectuate nu doar de un singur savant care desfășoară experimentele sau face observațiile, ci și de alții care fac independent alte experimente. Abia cînd a fost consolidată de numeroase încercări și evaluări, ipoteza poate fi adusă la cunoștința comunității științifice sau a lumii, în general, ca „teorie".

Este important să reținem că pînă și o teorie poate fi supusă „falsificării" sau corecției. O bună teorie, de exemplu, va face „predicții" – evenimente pe care cei care o verifică le pot căuta pentru a-i testa valabilitatea. Pînă cînd teorii bine cunoscute precum teoria relativității a lui Einstein sau teoria evoluționistă a lui Darwin să ajungă în manuale, ele au supraviețuit unei game întregi de verificări pînă la limita la care au devenit instrumente de lucru productive pentru alți oameni de știință. Dar în știință nici o teorie nu poate fi acceptată ca fiind complet „demonstrată". Ea trebuie să rămînă mereu deschisă verificărilor și cercetărilor ulterioare, pe măsură ce apar noi fapte și observații. Tocmai această calitate a științei de a se auto-corecta o face să fie în același

timp cea mai dificilă și cea mai productivă dintre tentativele omenirii de a înțelege modul cum funcționează natura. Acest tip de gîndire critică constituie elementul-cheie al activității științifice.

Versiunea caricaturală a omului de știință portretizat ca un individ rigid, cu ochelari, îmbrăcat în halat alb, sigur pe infailibilitatea sa, este cît se poate de departe de adevăr. Oamenii de știință, atît bărbații, cît și femeile, sînt oameni la fel ca noi și sînt de toate rasele, dimensiunile corporale și înfățișările, cu sau fără ochelari. Ca grup, întrucît metodologia lor se concentrează atît de mult pe descoperirea erorilor și pe gîndirea critică, ei sînt probabil mai conștienți decît noi, ceilalți, de cît de ușor este să te înșeli. Dar le place să aibă dreptate ori de cîte ori este posibil și le place să acționeze întru găsirea răspunsurilor corecte la întrebări. De obicei, acesta este motivul pentru care devin oameni de știință.

ANEXA 2

ELEMENTELE ŞI SIMBOLURILE LOR

	Numărul atomic		Numărul atomic
Ac, actiniu	89	Cd, cadmiu	48
Ag, argint	47	Ce, ceriu	58
Al, aluminiu	13	Cf, californiu	98
Am, americiu	95	Cl, clor	17
Ar, argon	18	Cm, curium	96
As, arsenic	33	Co, cobalt	27
At, astatin	85	Cr, crom	24
Au, aur	79	Cs, cesiu	55
B, bor	5	Cu, cupru	29
Ba, bariu	56	Dy, disprosiu	66
Be, beriliu	4	Er, erbiu	68
Bi, bismut	83	Es, einsteiniu	99
Bk, berkeliu	97	Eu, europiu	63
Br, brom	35	F, fluor	9
C, carbon	6	Fe, fier	26
Ca, calciu	20	Fm, fermiu	100

	Numărul atomic		Numărul atomic
Fr, franciu	87	Na, sodiu	11
Ga, galiu	31	Nb, niobiu	41
Gd, gadoliniu	64	Nd, neodim	60
Ge, germaniu	32	Ne, neon	10
H, hidrogen	1	Ni, nichel	28
Ha, hahniu*	105	No, nobeliu	102
He, heliu	2	Np, neptuniu	93
Hf, hafniu	72	O, oxigen	8
Hg, mercur	80	Os, osmiu	76
Ho, holmiu	67	P, fosfor	15
I, iod	53	Pa, protactiniu	91
In, indiu	49	Pb, plumb	82
Ir, iridiu	77	Pd, paladiu	46
K, potasiu	19	Pm, prometiu	61
Kr, kripton	36	Po, poloniu	84
Ku, kurceatoviu*	104	Pr, praseodim	59
La, lantan	57	Pt, platină	78
Li, litiu	3	Pu, plutoniu	94
Lr, lawrentiu	103	Ra, radiu	88
Lu, lutețiu	71	Rb, rubidiu	37
Md, mendeleeviu	101	Re, reniu	75
Mg, magneziu	12	Rh, rodiu	45
Mn, mangan	25	Rn, radon	86
Mo, molibden	42	Ru, ruteniu	44
N, azot	7	S, sulf	16
		Sb, stibiu	51
		Sc, scandiu	21

* Denumire care nu a fost oficial aprobată (n.a.).

	Numărul atomic		Numărul atomic
Se, seleniu	34	Tl, taliu	81
Si, siliciu	14	Tm, tuliu	69
Sm, samariu	62	U, uraniu	92
Sn, staniu	50	V, vanadiu	23
Sr, stronțiu	38	W, wolfram	74
Ta, tantal	73	Xe, xenon	54
Tb, terbiu	65	Y, ytriu	39
Tc, tehnețiu	43	Yb, yterbiu	70
Te, telur	52	Zn, zinc	30
Th, toriu	90	Zr, zirconiu	40
Ti, titan	22		

CRONOLOGIE

1800 Alessandro Volta comunică inventarea unei baterii electrice (de fapt, o inventase în urmă cu un an).

1800 William Herschel detectează lumina infraroşie.

1801 Johann Ritter descoperă lumina ultravioletă.

1801 Giuseppe Piazzi descoperă asteroidul Ceres.

1801 Georges Cuvier identifică 23 de specii de animale dispărute, alimentînd controversa cu privire la permanența speciilor.

1802 Thomas Young dezvoltă teoria ondulatorie a luminii.

1803 După studierea meteoriților găsiți în Franța, Jean Baptiste Biot argumentează că „pietrele" ciudate nu au o origine terestră.

1804 Richard Trevithick construieşte o locomotivă care trage cinci vagoane

încărcate pe o linie lungă de cincisprezece kilometri.

1804 Napoleon I este încoronat împărat al Franței.

1805 Joseph Marie Jacquard inventează războiul de țesut Jacquard. Pentru a controla funcționarea războiului, Jacquard folosește un sistem de cartele perforate, o idee care ulterior va fi încorporată în construcția primelor calculatoare.

1807 Robert Fulton construiește vasul cu abur *Clermont.*

1807 În Anglia, Societatea Geologică din Londra devine prima instituție oficială din lume dedicată exclusiv studiului geologiei.

1807 Felinarele cu gaz de huilă iluminează străzile Londrei.

1808 Humphry Davy pune la punct prima lanternă cu alimentare electrică.

1808 Lucrarea lui Dalton *Noul sistem al filozofiei chimice* revoluționează chimia.

1809 Jean-Baptiste de Monet de Lamarck publică *Filozofia zoologică.*

1810 Davy demonstrează că clorul este un element.

1811 Amedeo Avogadro propune teoria numită astăzi ipoteza lui Avogadro.

1811 Herschel elaborează teoria dezvoltării stelelor și nebuloaselor.

1812 Cuvier descoperă fosila unui pterodactil.

1812 Pierre Simon de Laplace sugerează că universul poate fi văzut ca o mașinărie uriașă și că dacă masa, poziția și viteza fiecărei particule ar putea fi cunoscute, întregul trecut și viitor al universului ar putea fi calculat.

1814 Joseph von Fraunhofer redescoperă și cartografiază liniile spectrului solar.

1814 George Stephenson prezintă prima sa locomotivă cu abur.

1815 Davy inventează lămpașul de siguranță pentru minerii din minele de cărbuni.

1815 William Prout sugerează că hidrogenul este atomul fundamental și că toți ceilalți atomi sînt alcătuiți din diferite numere de atomi de hidrogen. Prout face primele speculații pe această temă anonim, considerînd el însuși că ideea ar putea fi cam extravagantă.

1815 Napoleon este înfrînt la Waterloo.

1815 John Loudan McAdam construiește primul drum cu adevărat pavat.

1816 Augustin Fresnel demonstrează natura ondulatorie a luminii.

1817 Fresnel și Thomas Young demonstrează că undele luminoase trebuie să fie vibrații transversale.

1818 Fresnel publică „Memoriu despre difracția luminii".

1818 Johann Franz Encke descoperă cometa care astăzi îi poartă numele.

1818 Jöns Jacob Berzelius publică tabelul său de mase atomice.

1819 Hans Christian Oersted descoperă că magnetismul şi electricitatea sînt două forme de manifestare diferite ale aceleiaşi forţe. Totuşi, nu îşi publică teoria pînă în 1820.

1819 Pierre Louis Dulong şi Alexis Thérèse Petit arată că, pentru un element, căldura specifică este invers proporţională cu masa sa atomică.

1820 La Londra se înfiinţează Societatea Astronomică Regală.

1821 Michael Faraday demonstrează că forţele electrice pot produce mişcarea (primul motor electric).

1822 Jean-Baptiste Joseph Fourier demonstrează teorema lui Fourier şi o publică în lucrarea *Théorie analytique de la chaleur* („Teoria analitică a căldurii").

1822 Charles Babbage propune primul computer modern, dar nu dispune de materialele moderne necesare cu care să-l construiască.

1823 John Herschel sugerează că aşa-numitele linii Fraunhofer ar putea indica prezenţa metalelor în Soare.

1824 Nicolas Léonard Sadi Carnot publică „Despre puterea motrice a focului".

1824 Prima şcoală de ştiinţă şi inginerie este inaugurată în Statele Unite. Ea va deveni în cele din urmă Institutul Politehnic Rensselaer.

1825 George Stephenson construieşte o locomotivă cu abur îmbunătăţită.

1827 Georg Simon Ohm enunţă ceea ce astăzi se numeşte legea lui Ohm.

1827 Robert Brown relatează observaţiile sale cu privire la un fenomen numit acum „mişcarea browniană", care după cîţiva ani îi va ajuta pe savanţi să ofere dovezi suplimentare asupra existenţei atomilor.

1828 Friedrich Wöhler sintetizează ureea, oferind o dovadă împotriva curentului vitalist care susţinea că numai un ţesut viu poate crea molecule organice.

1830 Charles Lyell publică primul volum din *Principiile geologiei*, oferind dovezi pentru teoria uniformitaristă cu privire la istoria geologică a Pămîntului.

1831 Charles Darwin îşi începe călătoria de cinci ani la bordul corăbiei *Beagle*. Are cu el primul volum al lucrării lui Lyell.

1831 Michael Faraday descoperă inducţia electromagnetică şi inventează primul generator electric. Descoperirea este făcută aproape simultan cu savantul american Joseph Henry.

1832 Faraday enunţă ceea ce astăzi numim legile electrolizei.

1833 La o şedinţă a Asociaţiei Britanice pentru Progresul Ştiinţei, William Whewell propune termenul *savant*.

1834 Cyrus Hall McCormick patentează secerătoarea McCormick.

1835 Gaspard Gustave Coriolis anunță „efectul Coriolis".

1837 Darwin începe să-și contureze teoria evoluționistă, dar nu o publică.

1838 Friedrich Bessel anunță prima măsurătoare precisă (cu ajutorul paralaxei) a distanței pînă la o stea.

1838 Matthias Jakob Schleiden își prezintă teoria conform căreia toate țesuturile vegetale sînt alcătuite din celule.

1839 Theodor Schwann extinde teoria celulară a lui Schleiden și la animale.

1839 Louis Jacques Mandé Daguerre inventează dagherotipul, precursorul aparatului de fotografiat.

1840 John William Draper face prima fotografie a Lunii.

1840 Germain Henri Hess întemeiază știința termochimiei.

1842 Julius Robert Mayer devine primul savant care a formulat echivalentul mecanic al căldurii și legea conservării energiei, deși nu la fel de bine ca Joule și Helmholtz, respectiv.

1842 Christian Johann Doppler arată că sunetele și alte emisii ale unor surse aflate în mișcare suferă un fenomen cunoscut ca „deplasarea (sau efectul) Doppler".

1843 Samuel Heinrich Schwabe anunță descoperirea acțiunii ciclice a petelor solare. Descoperirea inaugurează primele cercetări în fizica solară și astrofizică.

1844 Samuel F.B. Morse brevetează proiectul său de telegraf.

1846 Planeta Neptun este descoperită de Urbain Jean Joseph Le Verrier.

1846 Institutul Smithsonian este înființat în Statele Unite.

1847 Hermann von Helmholtz propune legea conservării energiei (prima lege a termodinamicii).

1848 Lordul Rosse descoperă Nebuloasa Crabului.

1848 Este publicat *Manifestul comunist* de către Karl Marx și Friedrich Engels; revoluțiile cuprind întreaga Europă.

1849 Jean Léon Foucault detectează liniile de emisie spectrală.

1850 James Prescott Joule publică valoarea finală pentru echivalentul mecanic al căldurii.

1850 Rudolf Clausius devine primul savant care a formulat clar a doua lege a termodinamicii.

1850 W.C. Bond de la Universitatea Harvard realizează prima fotografie astronomică.

1851 William Thomson (ulterior cunoscut ca lordul Kelvin) propune conceptul de zero absolut.

1851 La Londra se inaugurează Marea Expoziție Internațională care are drept scop promovarea aplicării științei în tehnologie.

1851 Foucault demonstrează rotația Pământului.

1852 Edward Frankland își publică teoria a ceea ce se va numi „valență" în chimie.

1852 Elisha Graves Otis construiește primul ascensor sigur.

1853 Helmholtz propune noi valori privind vîrstele Soarelui și Pământului bazîndu-se pe studiile sale în legătură cu conservarea energiei.

1855 Robert Bunsen și Gustav Kirchhoff încep să lucreze la bazele analizei spectrale.

1856 Primul schelet a ceea ce numim azi neanderthalian este descoperit într-o peșteră din Valea Neander, din apropierea orașului german Düsseldorf.

1856 Henry Bessemer elaborează „procesul Bessemer" și începe să construiască „furnalele cu aer", care vor inaugura era oțelului ieftin.

1856 Louis Pasteur pune la punct procedeul de „pasteurizare".

1858 Darwin și Alfred Wallace prezintă la Societatea Linneană teoria evoluției prin selecție naturală.

1858 Rudolf Virchow publică *Cellular Pathology* („Patologia celulară").

1858 Este întins primul cablu telegrafic transatlantic.

1859 Este publicată *Originea speciilor* a lui Darwin.

1859 Edwin Drake forează primul puț de petrol în apropiere de Titusville, Pennsylvania.

1859 Gaston Plante construiește prima baterie de acumulatoare.

1859 Kirchhoff și Bunsen își fac cunoscute ideile despre liniile spectrale.

cca 1860 James Clerk Maxwell elaborează teoria cinetică a gazelor. Ludwig Boltzmann elaborează și el aceeași teorie independent, dar își publică articolele abia în deceniul următor.

1860 Pasteur formulează argumentul final împotriva teoriei generării spontane, care avea o vechime mare, dar devenise tot mai șubredă.

1860 Rezultatele obținute de Pierre Berthelot în sintetizarea unor molecule organice precum alcoolul metilic, alcoolul etilic și metanul demonstrează o dată în plus capacitatea chimiștilor de a sintetiza moleculele organice din elemente, adăugînd o nouă lovitură teoriilor vitaliste.

1860 Stanislao Cannizzaro atrage chimiștii de partea ipotezei lui Avogadro cu discursul și broșura sa de la Prima Conferință Internațională de Chimie care a avut loc la Karlsruhe.

1860 Kirchhoff sugerează că un corp care absoarbe toată lumina și nu reflectă nimic (denumit corp negru) va emite prin

încălzire toate lungimile de undă. Această idee simplă va genera întrebări care vor ajuta la începerea următoarei mari revoluții din fizică de la începutul secolului XX.

1861 San Francisco şi New York sînt conectate printr-o linie telegrafică.

1862 Foucault oferă o nouă estimare pentru viteza luminii.

1862 Pasteur îşi publică dovezile pentru teoria microbiană a bolilor.

1863 În Statele Unite este înființată Academia Națională de Științe.

1863 William Huggins, după ce a studiat spectrele unor stele strălucitoare, anunță că liniile lor spectrale sînt cele ale unor elemente familiare.

1864 După ce face prima analiză spectrală a unei nebuloase, Huggins afirmă că aceasta este compusă din gaze.

1865 Teoria lui Gregor Mendel cu privire la genele dominante şi recesive este publicată într-o revistă mai puțin cunoscută şi trece neobservată pînă pe la începutul secolului XX.

1865 Clausius inventează termenul *entropie*, care descrie degradarea energiei într-un sistem închis.

1867 Marx publică *Das Kapital*.

1867 Prima maşină de scris cu adevărat funcțională este realizată de Christopher Sholes.

1868 Pierre Jules César Janssen descoperă heliul în timp ce studia liniile spectrale ale Soarelui.

1868 Primele schelete de Cro-Magnon sînt descoperite într-o peşteră din Franța.

1869 Se deschide Canalul de Suez.

1869 Dmitri Mendeleev publică al său „tabel periodic al elementelor".

1869 Se montează ultimele piese la prima linie de cale ferată transcontinentală din America.

1870 Omul de afaceri şi arheologul amator Heinrich Schliemann descoperă cetatea antică a Troiei, dezgropînd cantități imense de aur şi obiecte valoroase şi făcînd ca studiul arheologiei să devină o parte a conştiinței populare.

1871 Darwin publică *Originea omului*.

1872 Henry Draper obține prima fotografie a spectrului unei stele.

1873 Maxwell îşi publică teoria asupra electromagnetismului.

1875 Sir William Crookes construieşte radiometrul.

1876 Alexander Graham Bell brevetează telefonul.

1876 Nikolaus August Otto construieşte motorul în patru timpi, baza motoarelor cu combustie internă de astăzi.

1876 Josiah Willard Gibbs aplică teoria termodinamicii la transformările chimice.

1876 Repetînd experiențele realizate de Julius Plücker cu aproape două decenii în urmă, Eugen Goldstein descrie fenomenul razelor catodice şi este primul care foloseşte termenul.

1877 Thomas Alva Edison inventează fonograful.

1879 Albert Michelson determină viteza luminii.

1879 Edison inventează becul electric cu incandescență.

1880 Herman Hollerith realizează primul calculator electromecanic. Este pasul următor spre computerele moderne din zilele noastre.

1882 În America, Centrala Electrică Pearl Street aduce iluminatul electric la New York.

1884 Ottmar Mergenthaler brevetează linotipul.

1885 Carl Friedrich Benz construieşte primul automobil funcțional cu un motor cu combustie internă alimentat cu benzină.

1887 Albert Michelson şi Edward Morley încearcă să măsoare schimbările în viteza luminii produse de mişcarea Pământului prin spațiul cosmic. Eşecul lor de a găsi vreo modificare duce la abandonarea credinței în existența eterului şi deschide calea spre fizica secolului XX.

1887 Heinrich Rudolph Hertz face prima observație a efectului fotoelectric. Observațiile sale se vor dovedi de mare importanță pentru fizica secolului următor.

1888 Hertz produce şi detectează unde radio şi obține dovada experimentală pentru teoria electromagnetică a lui Maxwell.

1889 La Paris se termină construcția Turnului Eiffel. La momentul respectiv era cea mai înaltă construcție din lume.

1889 Edward Charles Pickering face primele observații spectroscopice asupra stelelor binare.

1890 Edison, împrumutînd ideile altora, realizează primul film cinematografic de succes.

1894 Descoperirea „Omului din Java" este anunțată de Marie Eugène Dubois.

1895 Sir William Ramsay descoperă elementul heliu pe Pământ şi găseşte că locul acestuia în tabelul periodic este între hidrogen şi litiu.

1895 Edward Emerson Barnard fotografiază Calea Lactee.

1895 Wilhelm Konrad Röntgen descoperă razele X.

1896 Antoine Henri Becquerel descoperă radioactivitatea naturală.

1897 J.J.Thomson descoperă electronul.

1898 Marie şi Pierre Curie izolează elementele radioactive radiu şi plutoniu.

GLOSAR

atom unitatea de bază a unui element; inițial, conform concepției lui Democrit, cea mai mică particulă indivizibilă a unei substanțe

bacterii un grup numeros şi variat de microorganisme, în mod normal monocelulare. Ele trăiesc în medii diferite şi de regulă nu au clorofilă, se înmulțesc prin diviziune simplă şi pot fi văzute numai cu microscopul. Unele bacterii provoacă boli precum pneumonia, tuberculoza şi antraxul, în vreme ce altele sînt necesare pentru fermentare şi alte procese biologice

caloric termen utilizat pentru a descrie căldura ca un fluid, folosit în secolul al XVIII-lea, printre alții şi de Antoine Lavoisier

calx termen din secolele al XVIII-lea şi al XIX-lea pentru metalul oxidat (ceea ce noi vom numi „rugină"); la origine era termenul folosit de romani pentru calcar, despre care Humphry Davy a descoperit că este calciu oxidat

celulă unitatea de bază a tuturor organismelor vii; o unitate foarte mică şi complexă de protoplasmă, organizată de obicei în populații numeroase

compus o substanță formată atunci cînd doi sau mai mulți atomi ai unor elemente diferite sînt unite chimic

difracție separarea unei raze de lumină în benzi luminoase şi întunecate sau în culorile spectrului

electrochimie ştiința interacțiunii dintre electricitate şi reacțiile sau transformările chimice

electroliză transformarea chimică produsă într-o substanță prin folosirea electricității; utilizată în special pentru analiza substanțelor

electromagnetism magnetismul provocat de sarcinile electrice în mişcare; fizica electricității şi a magnetismului

element o substanță care nu poate fi descompusă în substanțe mai simple

entropie o măsură a gradului de dezordine într-o substanță sau într-un sistem; într-un sistem închis, entropia creşte întotdeauna, iar energia disponibilă scade

evoluționism teoria care susține că grupuri de organisme se pot schimba pe parcursul unor perioade lungi de timp astfel încît descendenții diferă de strămoşii lor

gaz inert un gaz care are puține proprietăți active (sau deloc) şi nu reacționează cu alte substanțe

izomeri compuşi chimici cu aceeaşi compoziție şi masă moleculară – aceeaşi formulă chimică –, dar care diferă în aranjarea atomilor în interiorul moleculelor şi au proprietăți chimice sau fizice diferite

lungime de undă într-o undă, distanța dintre două maxime sau minime succesive

masă atomică un număr reprezentînd masa unui atom, de obicei exprimat în relaţie cu un standard arbitrar. Astăzi cel mai folosit este izotopul carbonului considerat a avea o masă standard egală cu 12, dar în secolul al XIX-lea au mai fost folosite şi alte standarde

mixtură amestec de substanţe care nu sînt legate chimic între ele

moleculă doi sau mai mulţi atomi legaţi chimic, particula fundamentală a unui compus

paralaxă o schimbare aparentă a poziţiei unui obiect văzut din două locuri diferite, de exemplu de pe Pămîntul aflat în puncte opuse ale orbitei sale (realizată prin observarea obiectelor la intervale de şase luni). Cu cît este mai mare schimbarea aparentă de poziţie, sau „paralaxa anuală", cu atît steaua este mai apropiată

pneumatic care are legătură cu gazele

polariza (a) a produce polarizare, sau condiţia luminii ori a energiei radiate în care orientarea vibraţiilor ondulatorii este restrînsă numai la un plan sau la o direcţie

refracţie curbarea unei raze sau a unei unde luminoase (sau calorică, sau acustică) în timp ce trece oblic de la un mediu la un altul cu densitate diferită, în care viteza acesteia este diferită, sau prin straturi de densităţi diferite în acelaşi mediu

selecţie naturală procesul prin care acei indivizi ai unei specii cu caracteristici care îi ajută să se adapteze la mediul lor de viaţă specific tind să aibă mai mulţi urmaşi şi le transmit caracterele, în vreme ce cei mai puţin capabili să se adapteze tind să aibă urmaşi mai puţini sau să dispară, aşa încît în evoluţia unei specii există o

tendinţă progresivă spre un grad sporit de adaptare. Mecanismul evoluţiei descoperit de Charles Darwin

termodinamică fizica relaţiilor dintre căldură şi alte forme de energie

virus cea mai mică formă a organismelor vii, compusă din acid nucleic şi un înveliş proteinic; face parte din grupul de agenţi infecţioşi ultramiscroscopici sau submicroscopici care provoacă diverse boli la animale, cum ar fi pojarul, oreionul şi aşa mai departe, sau la plante, ca de exemplu mozaicul tutunului. Viruşii nu se pot reproduce în absenţa unei celule vii şi sînt priviţi atît ca organisme vii, cît şi ca proteine complexe

vitalism doctrina conform căreia viaţa în organismele vii se datorează unei forţe vitale care este distinctă de toate forţele fizice şi chimice. Descrierea dată de Kekulé moleculelor organice ca fiind acele molecule care conţin carbon, fără nici o referire la o forţă vitală sau materia vie, a reprezentat o lovitură dată doctrinei vitalismului

BIBLIOGRAFIE SUPLIMENTARĂ

DESPRE ŞTIINŢĂ

Cole, K. C. *Sympathetic Vibrations: Reflections on Physics as a Way of Life.* New York: William Morrow and Co., 1985. O privire foarte interesantă, bine scrisă şi cu un stil alert, asupra fizicii, prezentată într-o manieră bine gîndită şi plină de indicii preţioase de către o autoare care îşi îndrăgeşte subiectul. Se pune accentul îndeosebi pe fizica modernă, autoarea concentrîndu-se mai mult asupra ideilor decît asupra istoriei.

Gardner, Martin. *Fads and Fallacies in the Name of Science.* New York: New American Library, 1986 (retipărire a ediţiei din 1952). O analiză clasică a pseudoştiinţei realizată de maestrul demistificator. Include secţiuni despre credinţele pseudoştiinţifice din secolul al XIX-lea.

Gonick, Larry, and Art Huffman. *The Cartoon Guide to Physics.* New York: Harper Perennial, 1991. Amuzantă, dar uneori abordarea de foarte bună calitate trece parcă prea repede pe lîngă subiecte importante.

Hann, Judith. *How Science Works.* Pleasantville, N.Y.: Reader's Digest, 1991. O carte alertă, frumos ilustrată despre fizică, pentru tinerii cititori. Explicaţii scurte, dar bine formulate, ale legilor fundamentale şi scurte note

istorice însoţesc numeroase experimente uşoare pe care cititorii le pot efectua singuri.

Hazen, Robert M., and James Trefil. *Science Matters.* New York: Doubleday, 1991. O privire generală clară şi uşor de citit asupra principiilor de bază ale ştiinţei şi a modului cum se aplică ele ştiinţei din zilele noastre.

Holzinger, Philip R. *The House of Science.* New York: John Wiley & Sons, 1990. Discuţii alerte sub formă de întrebări şi răspunsuri pentru tinerii adulţi. Cuprinde activităţi şi experimente.

Trefil, James. *1001 Things Everyone Should Know about Science.* New York: Doubleday, 1992. Exact ceea ce spune şi titlul („1001 de lucruri pe care toţi ar trebui să le ştie despre ştiinţă"), şi bine scrisă.

DESPRE ISTORIA ŞTIINŢEI ÎN SECOLUL AL XIX-LEA

Asimov, Isaac. *Asimov's Biographical Encyclopedia of Science and Technology,* Ediţia a II-a revizuită. Garden City, N.Y.: Doubleday and Company, 1982. Sistemul de ordonare neobişnuit – cronologic şi nu alfabetic – e mai greu de folosit la început, dar abordarea alertă a lui Asimov face din ea o lectură fascinantă şi o culegere de informaţii esenţiale.

Asimov, Isaac. *Asimov's Chronology of Science and Discovery.* New York: Harper and Row, 1989. O viziune cronologică asupra ştiinţei, an după an. Scrisă cu verva obişnuită a lui Asimov. Bună pentru verificarea unor termeni şi pentru răsfoit.

Boorstin, Daniel J. *The Discoverers.* New York: Random House, 1983. Cele peste 700 de pagini ale cărţii ar putea să intimideze, dar este o lucrare minunat de vioaie, de bine scrisă şi pasionantă despre istoria căutării de către

omenire a cunoaşterii de sine şi a naturii. Adresată marelui public.

Brooke, John Hedley. *Science and Religion: Some Historical Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. Această carte de nivel superior este pe alocuri dificilă, dar oferă o privire bine prezentată şi plină de informaţii asupra relaţiei dintre ştiinţă şi religie de-a lungul întregii istorii.

Hellemans, Alexander, and Bryan Bunch. *The Timetables of Science*. New York: Simon and Schuster, 1988. O cronologie a istoriei ştiinţei uşor de lecturat.

Jones Bessie Zaban, ed. *The Golden Age of Science: Thirty Portraits of the Giants of 19th-Century Science by Their Scientific Contemporaries*. NewYork: Simon and Schuster, 1966.

Knight David. *The Age of Science: The Scientific World View of the 19th Century*. Oxford: Basil Blackwell Ltd., 1986.

Mackay, Charles. *Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowds*. New York: Harmony Books, 1990. Retipărire a lucrării clasice din 1884 despre şarlataniile şi credinţele bizare pe care oamenii le-au crezut. Oferă o fascinantă atmosferă de epocii în care a fost scrisă, precum şi idei etern valabile despre psihologia umană şi lupta ei împotriva logicii. Include ilustraţiile originale şi o prefaţă scrisă în zilele noastre de Andrew Tobias.

Mason, Stephen F. *A History of the Sciences*. Ediţie revizuită. New York: Collier Books, 1962. Publicată iniţial în 1956, această carte este mai veche decît cea a lui Ronan (vezi mai jos), dar este un standard temeinic în materie de istoria ştiinţei.

Meadows, Jack. *The Great Scientists*. Oxford: Oxford University Press, 1987. Uşor de citit, bine prezentată şi frumos ilustrată.

Ronan, Colin. *The Atlas of Scientific Discovery*. New York: Crescent Books, 1983. O carte subţire, dar bine scrisă şi frumos ilustrată.

Ronan, Colin *Science: Its History and Development Among the World's Cultures*. New York: Facts On File, 1982. O sinteză cuprinzătoare asupra istoriei ştiinţei din antichitate pînă în prezent.

Shapiro, Gilbert. *A Skeleton in the Darkroom: Stories of Serendipity in Science*. San Francisco: Harper & Row, 1986. Bine scrisă, dar se concentrează mai mult asupra aspectelor filozofice şi sociologice decît asupra celor ştiinţifice. Include o relatare pitorească a descoperirii „întîmplătoare" de către Oersted a legăturii dintre electricitate şi magnetism.

Williams, L. Pierce. *Album of Science: The Nineteenth Century*. New York: Charles Scribner's Sons, 1978.

DESPRE ŞTIINŢELE FIZICE

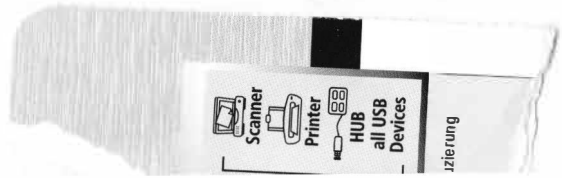
Abbott, David, ed. *The Biographical Dictionary of Scientists: Astronomers*. New York: Peter Bedrick Books, 1984. Scurte definiţii aranjate în ordine alfabetică, incluzînd un glosar extins şi diagrame. Un stil arid şi cam greoi, dar o sursă de informaţie valoroasă.

Abbott, David, ed. *The Biographical Dictionary of Scientists: Physicists*. New York: Peter Bedrick Books, 1984. La fel ca şi dicţionarul lui Abbott despre astronomi, o lucrare de referinţă demnă de încredere, deşi pe alocuri greu digerabilă.

Asimov, Isaac. *Atom: Journey Across the Subatomic Cosmos*. New York: Truman Talley Books (Dutton), 1991. O istorie a descoperirilor legate de atom, scrisă clar şi alert.

Asimov, Isaac. *Eyes on the Universe*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1975. O bună introducere pentru cititorii care doresc să afle mai multe despre istoria începuturilor şi a dezvoltării instrumentelor telescopice.

Boorse, Henry A., Lloyd Motz, and Jefferson Hane Weaver. *The Atomic Scientists: A Biographical History*. New



York: John Wiley and Sons, Inc., 1989. Include un capitol scurt, dar informativ despre Dalton, Gay-Lussac şi Avogadro. Concisă şi bine scrisă.

Buttman, Gunther. *The Shadow of the Telescope: A Biography of John Herschel*. New York: Charles Scribner's Sons, 1970. O descriere captivantă a vieţii şi epocii fiului lui William Herschel, John, un astronom celebru şi o personalitate de sine stătătoare.

Fleisher, Paul. *Secrets of the Universe: Discovering the Universal Laws*. New York: Atheneum, 1987. O carte bine scrisă şi pasionantă despre fizică, adresată cititorilor tineri, dar plăcută şi plină de informaţii pentru oricine se interesează de ştiinţă. Include discuţii excelente privind opera lui Galilei, Newton şi alţii, precum şi legile generale ale fizicii.

Gamow, George. *The Great Physicists From Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications, Inc., 1988. Marele fizician Gamow aruncă o privire asupra marilor fizicieni din istoria ştiinţei şi a operei lor. Ca întotdeauna cînd e vorba de Gamow, o lectură plăcută şi lămuritoare.

Harman, P.M. *Energy, Force, and Matter: The Conceptual Development of Nineteenth-Century Physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. O bună analiză a stadiului fizicii şi a ideilor pe care aceasta începea să le descopere în secolul al XIX-lea. Uneori cam greu de citit.

Hudson, John. *The History of Chemistry*. New York: Chapman and Hall, 1992. O relatare pasionantă, incluzînd portrete ale principalilor savanţi, fotografii şi diagrame.

McCormmach, Russell. *Night Thoughts of a Classical Physicist*. Cambridge: Harvard University Press, 1982. Un roman fascinant care are ca subiect gîndurile şi emoţiile unui fizician german de la începutul secolului XX, avînd o pregătire tipică pentru secolul al XIX-lea,

care încearcă să înţeleagă schimbările tulburătoare care au loc în fizică şi în lumea înconjurătoare.

Motz, Lloyd, and Jefferson Hane Weaver. *The Story of Physics*. New York: Avon Books, 1989. Pe alocuri cam greoaie, dar merită citită pentru pertinenta descriere a teoriilor, ideilor, experimentelor şi a oamenilor din fizică.

Ruben, Samuel. *The Founders of Electrochemistry*. Philadelphia: Dorrance and Company, 1975. Relatare uşor de citit despre principalele personalităţi din vremurile de început ale electrochimici, cu accent deosebit pe Davy şi Faraday.

Spielberg, Nathan, and Bryon D. Anderson. *Seven Ideas That Shook the Universe*. New York: John Wiley and Sons, 1987. O carte fascinantă care se concentrează pe drama descoperirilor ştiinţifice, incluzînd şi un riguros capitol despre conceptele de energie şi entropie.

Walker, Jearl. *The Flying Circus of Physics with Answers*. New York: John Wiley and Sons, 1977. O culegere de acum clasică de probleme şi întrebări despre fizică din viaţa de zi cu zi. Fără prea multă istorie, dar amuzantă.

DESPRE DARWIN ŞI EVOLUŢIONISM:

Bibby, Cyril. *T.H.Huxley: Scientist, Humanist and Educator*. New York: Horizon Press, 1960. O abordare uşor desuetă, totuşi o privire interesantă asupra personalităţii fascinantului Huxley.

Bowlby, John. *Charles Darwin: A New Life*. New York: W. W. Norton Company, 1990. O carte despre Darwin care se abate de la cărările bătătorite pe această temă, axîndu-se mai ales pe misterioasele sale probleme medicale. Merită citită, dar numai după parcurgerea multor alte lucrări mai bune avînd acelaşi subiect.

Bowler, Peter J. *Evolution: The History of an Idea.* Revised Edition. Berkeley, Calif. University of California Press, 1989. O excelentă analiză a istoriei evoluționismului. Include multe dintre subiectele tratate în această carte. Foarte bine alcătuită şi plină de informații.

Burke, James. *The Day the Universe Changed.* Boston: Little Brown and Company, 1985. Include un bun capitol despre Darwin şi despre predecesorii săi în teoria evoluționismului, precum şi un capitol interesant despre importantele cercetări ştiințifice legate de natura luminii.

Burkhardt, F., and S. Smith, eds. *The Correspondence of Charles Darwin, 7* vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1985-91. Ediția definitivă a scrisorilor lui Darwin.

Clark, Ronald W. *The Survival of Charles Darwin.* New York: Random House, 1984. Abordare mai mult sau mai puțin tradițională a vieții lui Darwin.

Darwin, Charles. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life...* London: Murray, 1859. Disponibilă şi în unele ediții adnotate şi broşate.

Darwin, Charles. *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex,* 2 vols. London: Murray, 1871; 2nd ed. rev., 1874. Disponibilă şi în unele ediții adnotate şi broşate.

Desmond, Adrian. *Archetypes and Ancestors: Paleontology in Victorian London 1850–1875.* Chicago: University of Chicago Press, 1982.

Desmond, Adrian, and James Moore. *Darwin.* New York: Warner Books, 1991. Autorii folosesc multe materiale noi şi oferă o privire modernă şi adusă la zi asupra vieții şi operei lui Darwin. Este scos în evidență climatul social şi politic în care s-a dezvoltat gîndirea lui Darwin şi uneori se încearcă rescrierea istoriei în termeni moderni. Cu toate acestea, este cea mai bună carte modernă despre Darwin.

Edey, Maitland, and Donald C. Johanson. *Blueprints: Solving the Mystery of Evolution.* Boston: Little, Brown and Co., 1989. O relatare captivantă al cărei co-autor este paleontologul Johanson, cel care a descoperit-o pe faimoasa „Lucy".

Eldredge, Niels. *The Monkey Business: A Scientist Looks at Creationism.* New York: Washington Square Press, 1982. Un evoluționist de frunte răspunde la atacurile creaționiştilor la adresa teoriei evoluționismului.

Gould, Stephen Jay. *Ever Since Darwin: Reflections in Natural History.* New York: W. W. Norton and Company, 1977. Include o discuție lămuritoare despre primele idei legate de preformare.

Hays, H.R. *Birds, Beasts, and Men: A Humanist History of Zoology.* New York: G.P. Putnam's Sons, 1972. O narațiune uşor de citit şi bine organizată, dar mai greu de găsit din cauza vechimii sale.

Irvine, William. *Apes, Angels, and Victorians: The Story of Darwin, Huxley, and Evolution.* New York: McGraw-Hill, 1955. O carte pitorească şi interesantă despre Darwin şi Huxley, plină de atmosfera şi controversele ştiințifice ale Angliei victoriene.

Jastrow, Robert, and Kenneth Korey. *The Essential Darwin.* Boston: Little, Brown and Company, 1984. Citate din Darwin cu comentarii ale editurii şi explicații date de Korey.

Lanham, Url. *The Bone Hunters.* New York: Columbia University Press, 1973. O foarte interesantă relatare a operei, aventurilor şi rivalității dintre Marsh şi Cope.

Lewin, Roger. *Thread of Life: The Smithsonian Looks at Evolution.* Washington, D.C.: Smithsonian Books, 1982. O carte bine ilustrată şi bine realizată despre ştiința şi istoria evoluției.

Magner, Lois N. *A History of the Life Sciences.* New York: Marcel Dekker, Inc., 1979. O analiză interesantă, dar care păcătuieşte printr-o organizare defectuoasă.

Mayr, Ernst. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982. O analiză impresionantă, deşi uneori mai greu de parcurs, a istoriei evoluţionismului, scrisă de unul dintre experţii de frunte ai lumii.

Mayr, Ernst. *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1991.

McGowan, Chris. *In The Beginning: A Scientist Shows Why the Creationists Are Wrong.* Buffalo: Prometheus Books, 1984. Pentru studenţi sau pentru oricine doreşte să înţeleagă mai bine controversa aprinsă dintre evoluţionism şi creaţionism.

Miller, Jonathan, and Boran Van Loon. *Darwin for Beginners.* New York: Pantheon Books, 1982. O excelentă prezentare grafică, ce reuşeşte să înglobeze sub această formă o mulţime de informaţii. Foarte indicată pentru oricine doreşte o înţelegere rapidă a lui Darwin şi a teoriei sale, dar trebuie însoţită de alte cărţi având acelaşi subiect.

Milner, Richard. *The Encyclopedia of Evolution: Humanity's Search for Its Origins.* New York: Facts On File, 1990. Captivantă pentru căutarea de informaţii sau pentru răsfoit, una dintre puţinele cărţi de acest fel care reuşeşte să fie în acelaşi timp antrenantă şi informativă. Spectaculoasă şi fascinantă, cartea conţine cam tot ce aţi dorit să aflaţi despre evoluţionism dar v-aţi sfiit să întrebaţi.

Reader, John. *Missing Links: The Hunt for Earliest Man.* Boston: Little, Brown and Company, 1981. Căutarea aşa-numitei „verigi lipsă" dintre antropoide şi oameni care a început o dată cu descoperirea primului schelet de neanderthalian în 1856.

Sears, Paul B. *Charles Darwin: The Naturalist as a Cultural Force.* New York: Charles Scribner's Sons, 1950. Scurtă şi interesantă analiză a lui Darwin şi a influenţei sale.

Skelton, Renne. *Charles Darwin and the Theory of Natural Selection.* New York: Barrons, 1987.

Stein, Sara. *The Evolution Book.* New York: Workman Publishing, 1986. Scrisă pentru cititorii mai tineri, dar amuzantă şi instructivă pentru toţi, o explicaţie reuşită a evoluţiei, cu multe exemple şi proiecte.

Trinkaus, Erik, and Pat Shipman. *The Neandertals: Changing the Image of Mankind.* New York: Alfred A. Knopf, 1993. Cea mai nouă şi mai actualizată lucrare despre noua lumină în care este privit omul de Neanderthal. O carte bună, solidă documentată, dar pe alocuri dificil de lecturat.

DESPRE FARADAY ŞI MAXWELL:

May, Charles Paul. *James Clerk Maxwell and Electromagnetism.* New York: Franklin Watts, 1962.

Thomas, John Meurig. *Michael Faraday and the Royal Institution: The Genius of Man and Place.* Bristol: Adam Hilger (IOP Publishing, Ltd.), 1991. Scris de actualul director al Institutului Regal (Royal Institution) şi al laboratorului Davy Faraday, acest studiu scurt şi încîntător include facsimile parţiale ale cîtorva manuscrise aparţinînd lui Faraday şi fotografii din arhivele Royal Institution. Cuprinde şi o istorie a Royal Institution.

Williams, L. Pearce. *Michael Faraday.* New York: Basic Books, Inc., 1964.

Cuprins

PROLOG 5
INTRODUCERE: MAREA EPOCĂ A SINTEZEI:
SECOLUL AL XIX-LEA 9

PARTEA I – ŞTIINŢELE FIZICE 21
1. Atomii şi elementele 23
2. Caruselul complexităţii şi ordinii în chimie 50
3. Energia indestructibilă 72
4. Magnetism, electricitate şi lumină 86
5. Cerul şi Pământul 108

PARTEA A II-A – ŞTIINŢELE VIEŢII 129
6. Darwin şi darul lui *Beagle* 131
7. De la macro la micro: organe, microbi şi celule 155
EPILOG 175
ANEXA 1: Metoda ştiinţifică 177
ANEXA 2: Elementele şi simbolurile lor 184
CRONOLOGIE 187
GLOSAR 200
BIBLIOGRAFIE SUPLIMENTARĂ 204